

TECHNICKÁ UNIVERZITA V LIBERCI

FAKULTA STROJNÍ

Katedra vozidel a motorů



**Redukce hmotnosti karoserie osobního
automobilu**

Reduction of body weight of a car

DIPLOMOVÁ PRÁCE

Bc. Stanislav Rejman

Červen 2012

TECHNICKÁ UNIVERZITA V LIBERCI

FAKULTA STROJNÍ

Katedra vozidel a motorů



Obor N2301

Konstrukce strojů a zařízení

Zaměření

Kolové dopravní a manipulační stroje

**Redukce hmotnosti karoserie osobního
automobilu**

Reduction of body weight of a car

Diplomová práce

KVM – DP – 648

Bc. Stanislav Rejman

Vedoucí diplomové práce: Ing. Robert Voženílek, Ph.D, TU v Liberci, KVM

Konzultant diplomové práce: Ing. Radek Bulíček, SWELL, s.r.o. Hořice

Počet stran: 102

Počet obrázků: 148

Počet příloh: 9

Počet výkresů: 3

Červen 2012



TECHNICKÁ UNIVERZITA V LIBERCI

Fakulta strojní

Katedra vozidel a motorů

Studijní rok: 2011/2012

ZADÁNÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE

Jméno a příjmení **Stanislav Rejman**
obor **Konstrukce strojů a zařízení**
zaměření **KDMS**

Ve smyslu zákona č. 111/1998 Sb. o vysokých školách se Vám určuje diplomová práce na téma:

REDUKCE HMOTNOSTI KAROSERIE OSOBNÍHO AUTOMOBILU

Zásady pro vypracování:

(uveďte hlavní cíle diplomové práce a doporučené metody pro vypracování)

1. Rešerše, rozdělení, jednotlivé srovnání využití alternativních a netradičních technologií a materiálů při stavbě vozů (hliníkové struktury, sendvičové materiály a kompozitní struktury, vysokopevnostní oceli, atd.), doporučte návrhy pro možné uplatnění ve voze.
2. Navrhněte metodu stavby karoserie na designové studii vozu SWELL tak, aby došlo k redukci hmotnosti proti standardnímu konceptu karoserie.
3. Vytvořte zjednodušený 3D koncept – model sestavy karoserie svařené a výkresovou dokumentaci vybraných částí sestavy
4. Během řešení diplomové práce spolupracujte s firmou SWELL, spol. s.r.o.

REDUKCE HMOTNOSTI KAROSERIE OSOBNÍHO AUTOMOBILU

Anotace

Tato diplomová práce je zaměřená na studii využití materiálů a spojovacích technologií, které dokáží karoserii odlehčit. Obsahuje rešerši dosavadních používaných materiálů a technologii spojování. Dále obsahuje řešení na daném vozidle, které je zpracováno v CAD softwaru Catia V5R19 s vybranými materiály. V poslední řadě je vytvoření výkresové dokumentace k vybraným dílům.

Klíčová slova: materiály, karoserie

REDUCTION OF BODY WEIGHT OF A CAR

Annotation

This diploma thesis is focused on the study using materials and joining technologies that can lighten the car body. It includes a search of existing materials and joining technology. It also contains solution on the vehicle, which is processed in CAD software Catia V5R19 with selected materials. Finally, the creation of drawings for the selected parts.

Key words: materials, car body

Desetinné třídění:
Zpracovatel:
Dokončeno :

TU v Liberci, Fakulta strojní, Katedra vozidel a motorů
2012

Archivní označení zprávy:

Prohlášení k využívání výsledků diplomové práce

Byl(a) jsem seznámen(a) s tím, že na mou diplomovou práci se plně vztahuje zákon č. 121/2000 Sb. o právu autorském, zejména § 60 – školní dílo.

Beru na vědomí, že Technická univerzita v Liberci (TUL) nezasahuje do mých autorských práv užitím mé diplomové práce pro vnitřní potřebu TUL.

Užiji-li diplomovou práci nebo poskytnu-li licenci k jejímu využití, jsem si vědom(a) povinnosti informovat o této skutečnosti TUL; v tomto případě má TUL právo ode mne požadovat úhradu nákladů, které vynaložila na vytvoření díla, až do jejich skutečné výše.

Diplomovou práci jsem vypracoval(a) samostatně s použitím uvedené literatury a na základě konzultací s vedoucím diplomové práce a konzultantem.

V dne

.....
podpis

Poděkování

Děkuji všem, kteří přispěli k tvorbě této diplomové práce a k jejímu zdárnému dokončení. V první řadě musím poděkovat panu Ing. Robertu Voženílkovi, Ph.D. za cenné rady a podněty. Neméně děkuji i kolektivu z konstrukční části firmy Swell, s.r.o. za umožnění využití počítačové techniky. Dále panu Ing. Radku Bulíčkovi a panu Františku Veselému za odbornou pomoc při tvorbě konstrukce, poskytnutí materiálů a výuce v programu CatiaV5. V neposlední řadě musím poděkovat svým rodičům, bratrovi a přítelkyni za trpělivost a podporu v době studia a tvorby této práce.

Obsah DP

1. Úvod a cíle	9
1.1. Představení firmy.....	10
2. Klasické a alternativní materiály pro stavbu karoserí	12
2.1. Úvod.....	12
2.2. Ocele a ocelové plechy	13
2.3. Hliník a jeho slitiny	17
2.3.1. Plechý	18
2.3.2. Tažené profily	19
2.3.3. Odlitky	20
2.4. Hořčík a jeho slitiny	21
2.5. Kovové pěny	22
2.6. Plasty	24
2.7. Kompozity	26
2.8. Organoplech	29
2.9. Sendviče	30
3. Rešerše technologie spojování ve stavbě karoserí.....	33
3.1. Svařování.....	33
3.2. Nýtové a šroubové spoje	35
3.3. Prolisování	37
3.4. Lepení	38
4. Možnosti snížení hmotnosti vozu Swellak.....	41
4.1. Porovnání dosavadních lehkých karoserí.....	41
4.2. Výběr materiálů pro stavbu karoserie.....	42

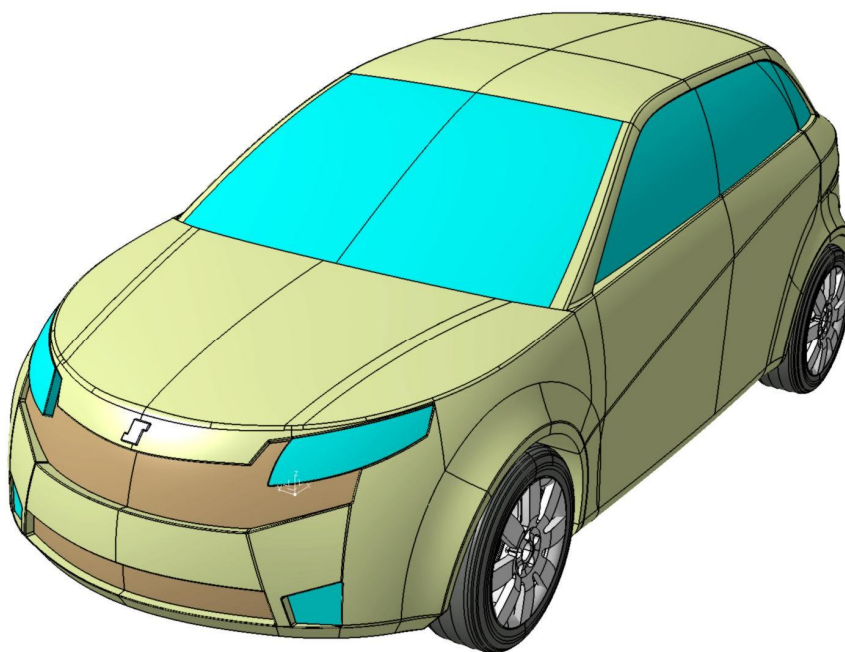
5. Návrh metody stavby karoserie vozu Swellak	44
5.1. Podrobný popis jednotlivých dílů	46
5.2. Postup montáže karoserie	70
5.3. Shrnutí hmotnosti	77
6. Hodnocení	79
7. Závěr	80
8. Zdroje	82
9. Přílohy	83

1.Úvod a cíle

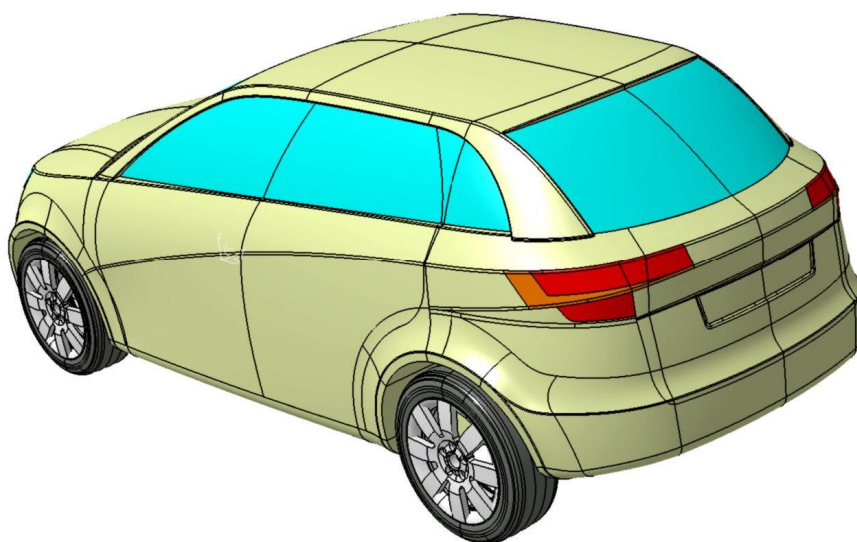
Tato diplomová práce se zabývá studií lehkých karoserií pro použití ve vozech. Mým prvním cílem je vytvoření rešerše stávajících a alternativních materiálů pro použití v automobilových karoseriích. Další část rešerše se zabývá různými způsoby spojování materiálů, od svařování, lepení až po nýtování.

Na základě rešerše následně vyberu materiály pro součásti karoserie a jejich patřičné spojení, které by mohly být užitečné k efektivnímu odlehčení karoserií.

Mým posledním cílem je vytvoření návrhu zjednodušené svařené karoserie pro designovou studii vozidla od firmy Swell, s.r.o., které umožní snížení hmotnosti.

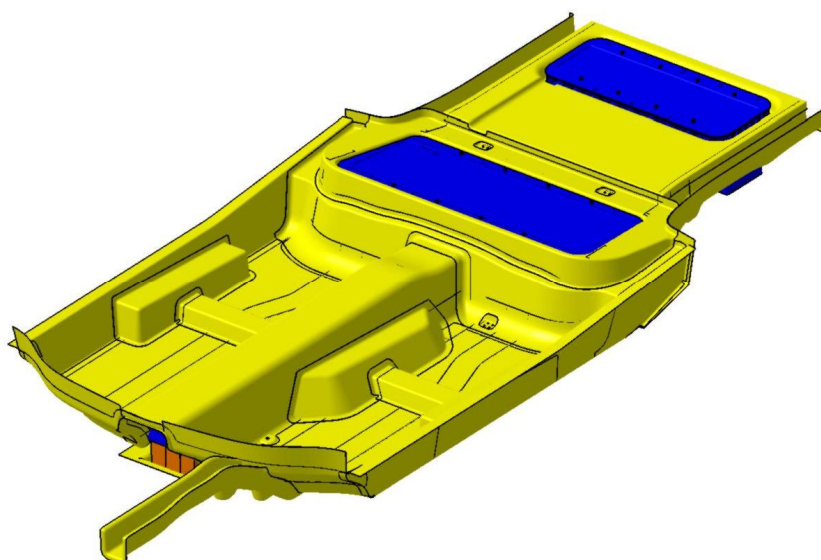


Obr. 1: Designová studie vozidla Swellak (pohled zepředu) ^[4]



Obr. 2: Designová studie vozidla Swellak (pohled zezadu) ^[4]

Na této studii je již vytvořená podvozková E-platforma, na kterou budu navazovat s vrchní částí karoserie, neboli „kloboukem“.



Obr. 3: E-platforma ^[4]

1.1. Představení firmy



Společnost SWELL, s.r.o. je jedním z předních dodavatelů komplexních vývojových služeb do automobilového průmyslu v České republice. Zabývá se vývojem dílů a sestav od designových návrhů až po přípravu částí vozu pro sériovou výrobu. Swell, s.r.o. spolupracuje prostřednictvím svých zákazníků na vývoji nových modelů vozů značek Škoda, Renault, Volkswagen, BMW, či Mercedes. Již dnes se odlišuje od podobných firem zejména širší portfolio vývojových služeb, které jsou popsány v příloze č. 1.

V budově v centru města Hořice se provádí pouze konstrukce a vývoj na PC, Centrum vývojových služeb slouží ke zkouškám a dalším technickým záležitostem. V Mladé Boleslavi je pobočka pro vývoj.

Mezi hlavní vývojové programy patří především Catia V4 a V5, Inventor, AutoCAD, ICEM surf, Corel PHOTO-PAINT a mnoho dalších.

Společnost Swell, s.r.o. spolupracuje s automobilkami, již dříve zmíněnými, ale pracuje i na projektech pro firmy SOR, Daimler Chrysler, Audi a s mnoha dalšími společnostmi, které se zabývají výrobou, montáží nebo konstrukcí dopravních prostředků a pracovních strojů.

2. Klasické i alternativní materiály pro stavbu karoserií

2.1. Úvod

Za volbou lehčích a pevnějších materiálů stojí především ekologie provozu a s tím související produkce emisí pro běžná vozidla se spalovacím motorem. Protože lehčí vozidlo nemusí používat tak výkonné motory s velkým zdvihovým objemem. Tudíž se tyto vozidla mohou osazovat slabšími motory s nižší produkcí emisí.

U elektromobilů tato volba souvisí především s dojezdem, zde se využívají velmi lehké materiály, jako jsou hliníkové slitiny či uhlíková vlákna, protože většinu hmotnosti tvoří samy akumulátory.

Dalším sledovaným hlediskem je poměr výkon na kilogram hmotnosti vozidla. Tento poměr je sledovaný hlavně u sportovních a závodních vozů., kde samotná vozidla jsou poměrně lehká a přitom velice výkonná.

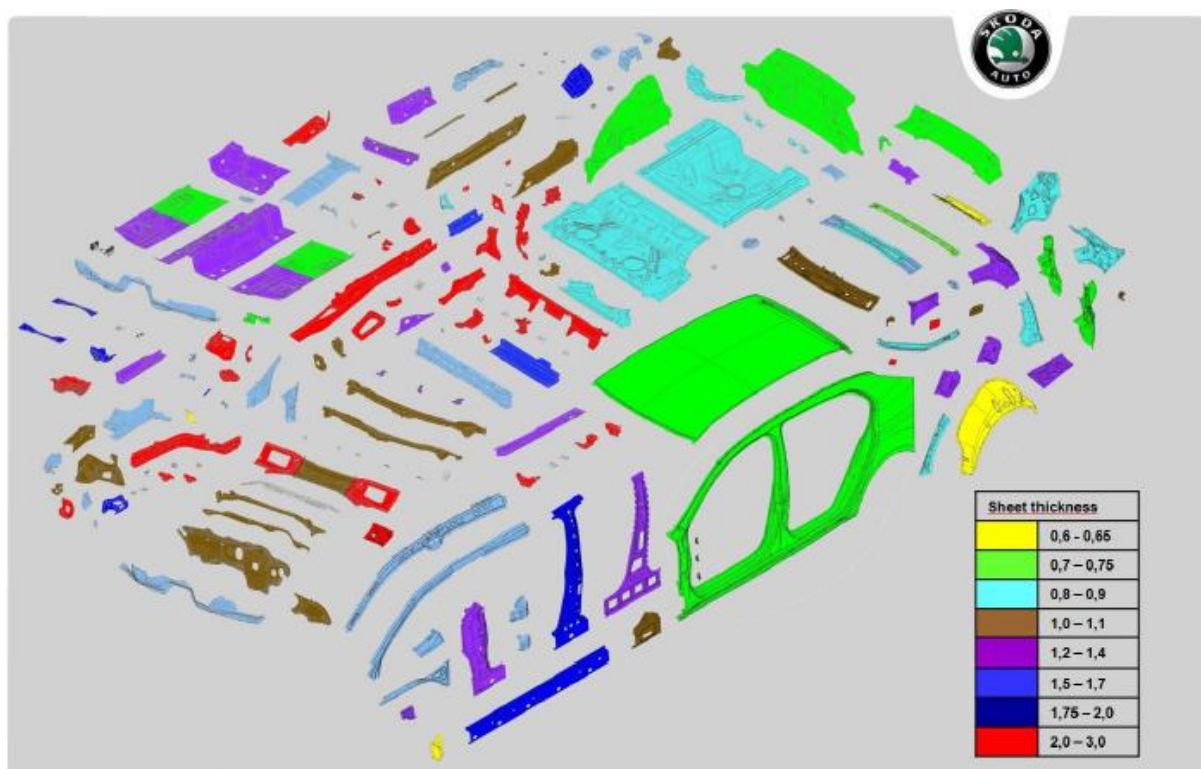
V další části textu bude postupně rozebráno několik alternativních nebo speciálních materiálů použitých v karoseriích. Buď jako nosný prvek nebo jen jako odlehčená výztuha.

2.2. Ocel a ocelové plechy

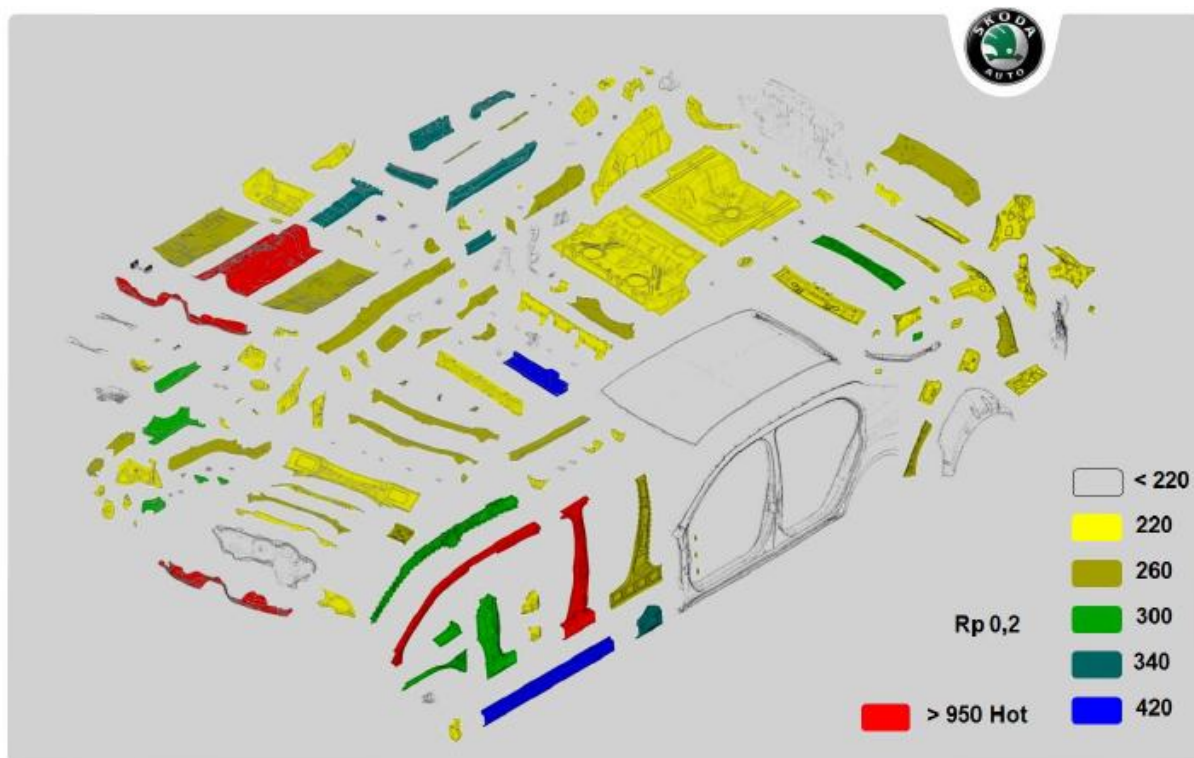
Ocelové díly jsou v současnosti nejpoužívanější v konstrukci karoserie. Především se používá pro výrobu nosného skeletu karoserie (karoserie svařená). Jeho výhodou je ve vysoké pevnosti, snadné tvárnosti, lehké svařitelnosti a možnosti spojování pomocí pájení. Je to materiál u něhož je dostatečná životnost zajištěna díky metodám povlakování, jako je galvanizace, zinkování a další.

Pro snížení hmotnosti, ale zajištění vysoké tuhosti karoserie se používají různé tloušťky plechů jednotlivých dílů a různé oceli. Každý výlisek má konstantní tloušťku a svůj typ oceli s určitou pevností. Pro vysoce namáhané součásti se využívá vysokopevnostní ocel, která má zabránit velkým deformacím vozu při nárazu. Tato ocel se převážně dává na boky vozidla, především B sloupek, část střechy a prahů.

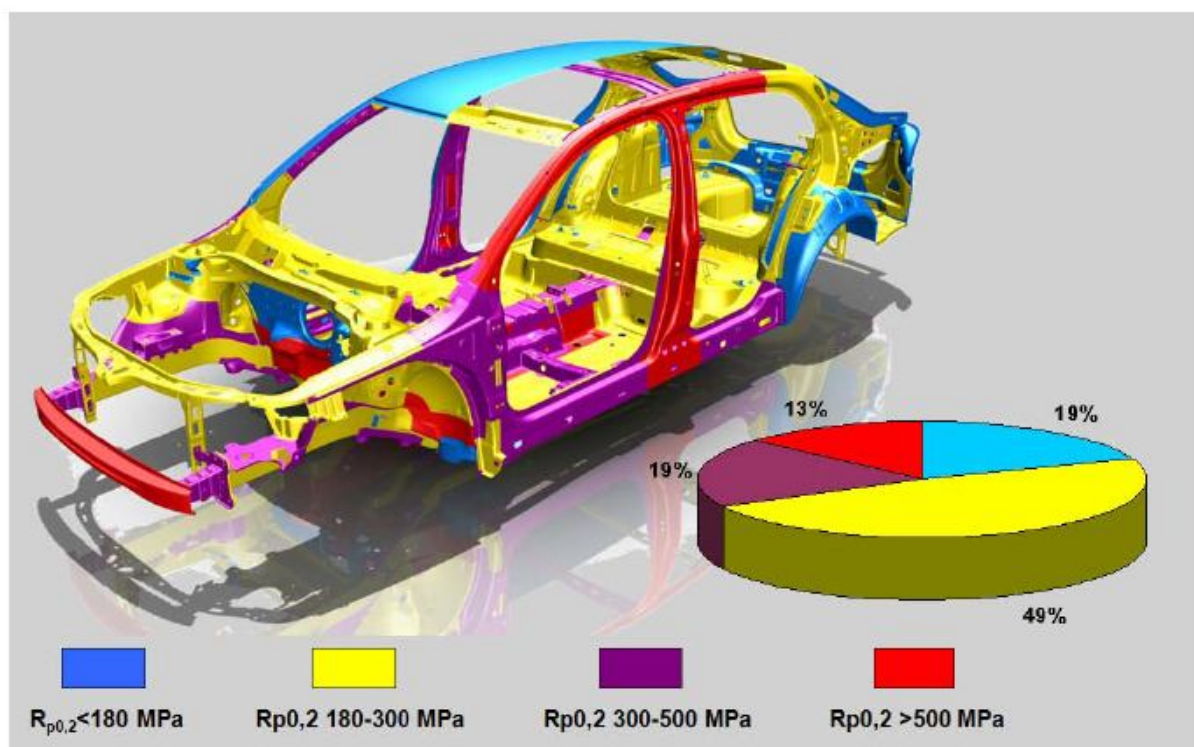
Na následujících obrázcích je uveden příklad stavby karoserie vozu Škoda Super (2008) a v příloze č.2 je stavba karoserie vozu Opel Insignia (2008)



Obr. 4 : Tloušťky a umístění plechových součástí ve voze Škoda Superb (2008) ^[1]



Obr. 5 : Tuhosti a umístění plechových součástí ve voze Škoda Superb (2008) ^[1]

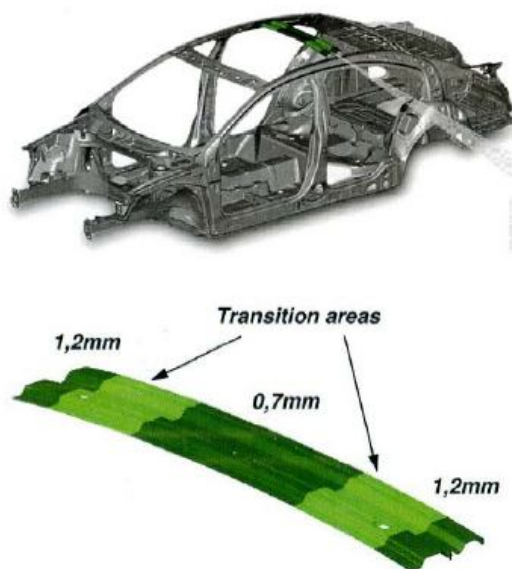


Obr. 6 : Zobrazení tuhosti součástí ve voze Škoda Superb (2008) ^[1]

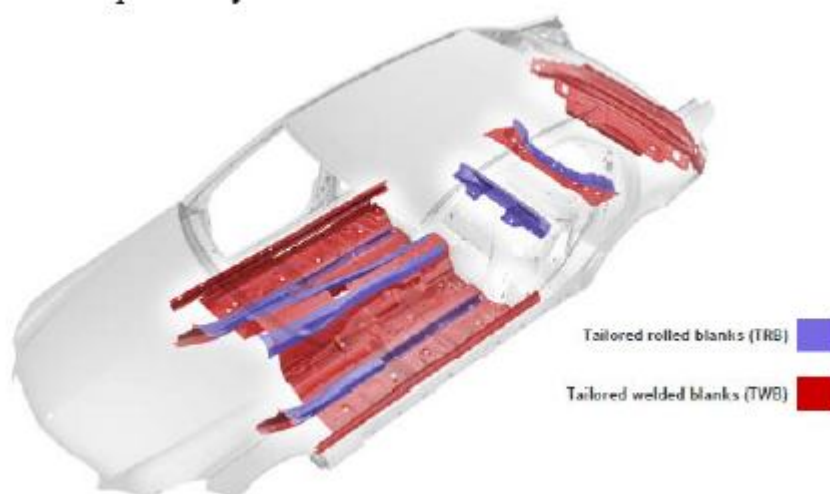
První osvědčené odlehčení s využitím profilů z ocelových plechů je technologie ULSAB (Ultra Light Steel Auto Body) a spočívá na principu sendvičového řešení. Mezi dva tenké vysokopevnostní ocelové plechy (0,2-0,65mm tloušťka) je uzavřený plast (polypropylen) s větší tloušťkou. Takto vytvořená karoserie je oproti klasické ocelové lehčí až o 25%, o 80% odolnější vůči namáhání v krutu a ohybová odolnost je vyšší o 52%.

Dalším odlehčením je metoda Tailored Blanks, která spočívá v sestavení velkorozměrového svařence z různých druhů ocelí s různou pevností, tloušťkou a povrchovou úpravou, svařované pomocí laserové technologie. Výhodou této metody je úspora nákladů za materiál a kombinací výhodných vlastností různých materiálů. Její velkou nevýhodou je technologická náročnost svařování a svařovací stroje. Ve výsledném hledisku se tato metoda vyplatí pro hromadnou výrobu. Náklady za technologii a stroje jsou kompenzovány s náklady za materiál.

Většinou se používají pro podélníky karoserie. Tato metoda snižuje hmotnost a zároveň zlepšuje deformační vlastnosti dílu při nárazu.



Obr. 7 : Střešní výztuha VW Passat CC ^[1]



Obr. 8 : BMW série 5 Gran Turismo – řešení podlahy a zadní části vozu ^[1]

2.3. Hliník a jeho slitiny

Hliník a jeho slitiny patří mezi nejvýznamnější neželezné a lehké kovy používané pro stavbu karoserie. Metoda konstrukce hliníkové karoserie se nazývá ASF (Aluminium-Space-Frame-Technik). Tato technika se používá především v oblasti dveří, nosičů nárazníků u zavěšení kol (příčná ramena přední nápravy) a další části karoserie. V posledních několika letech je celohliníková karoserie výsadou sportovních vozidel. Audi patří mezi několik výrobců, kteří používají celohliníkovou karoserii u sériově vyráběných aut, např. Audi A2, což bylo první celohliníkové vozidlo vyrobené touto značkou pro běžný provoz. Automobilka Audi je největším výrobcem celohliníkových karoserií již od roku 1994.

Cena hliníku je přibližně 3x vyšší než oceli. Náklady na výrobu hliníkových plechů jsou poněkud menší s ohledem na snadnější tvárnost. Hmotnost je ale jen o 30% nižší, protože z důvodu menší pevnosti musí být použity silnější plechy.

Hliník a jeho slitiny oproti oceli mají dvě velké výhody a to již dříve zmíněná hmotnost a dále výborná odolnost proti korozi.

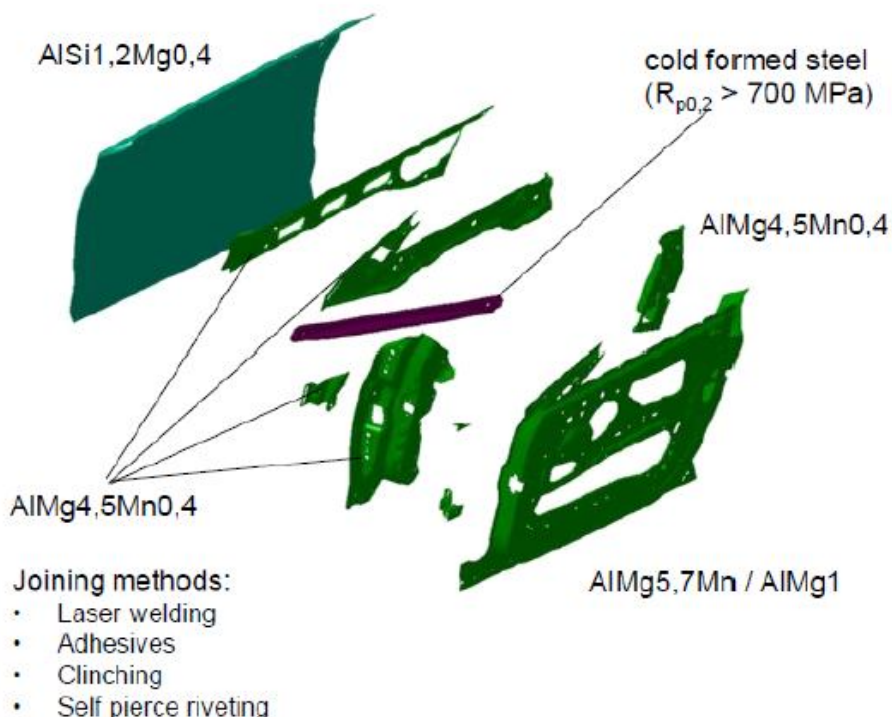


Obr. 9 : ASF u luxusního modelu Audi A8, červeně odlitek, modře profily a zelené plechy. ^[3]

Hliníkové součásti se ve stavbě karoserie vyskytují ve třech formách: plechy, tažené profily a odlitky.

2.3.1. Plechy

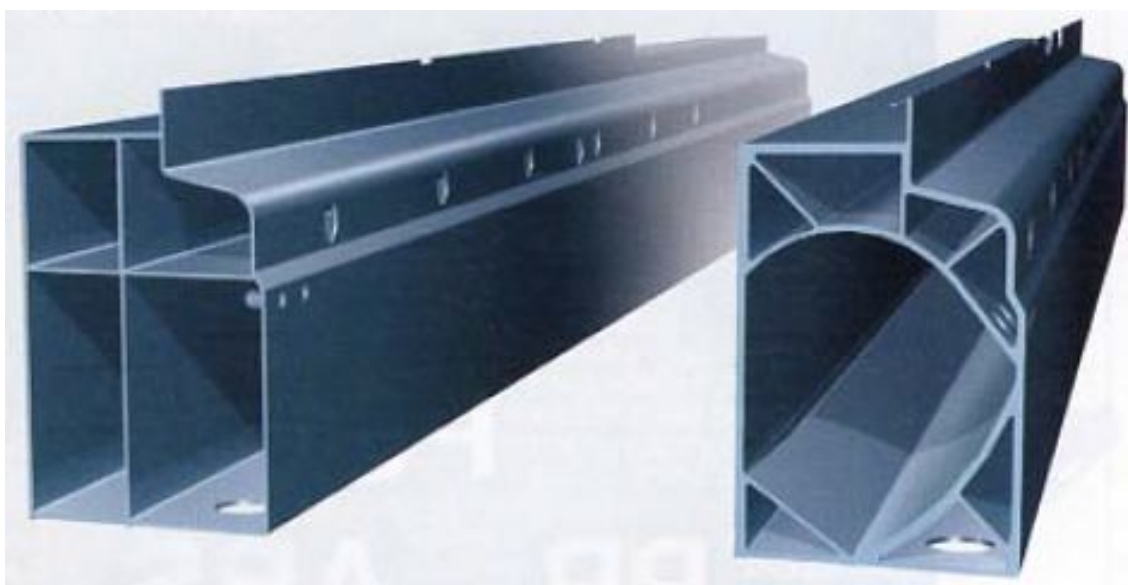
Hliníkové plechy jsou obvykle používány v tloušťce 1 - 2,5 mm tak, aby se docílilo stejné tuhosti jako u ocelí. A v závislosti na využití se používají i různé slitiny hliníkového plechu, které mají lepší vlastnosti pro více namáhané součásti. Především se používají hlavní dva typy a to hliníková slitina s příměsí hořčíku Al-Mg, která patří mezi nejpoužívanější pro vnitřní součásti karoserie, jako jsou například nosníky a výztuhy. Al-Mg-Si slitina slouží především pro venkovní aplikace, jako jsou kapoty, kryty dveří atd. V dnešní době je tendence využívat i pro vnitřní součásti karoserie místo Al-Mg.



Obr. 10 : Příklady využití hliníkových vylisovaných plechů ve dveřích vozu BMW série 5 Grand Turismo ^[1]

2.3.2. Tažené profily

Jedná se o velmi komplikované profily s tloušťkou stěn větší jak 2 mm, které se používají pro tuhé a hodně namáhané součásti karoserie. Nové slitiny dnešní doby dosahují napětí v mezi kluzu až 240 MPa a pevnosti v tahu až 310 MPa. Tyto profily se dají ještě vyztužit, pro zvýšení tuhosti proti nárazům, kovovými pěny nebo polyuretanovými pěny, popřípadě plasty.



Obr. 11 : Ukázka profilů využívaných do bočních prahů ^[1]

2.3.3. Odlitky

Pro odlitky se používají speciální svařitelné materiály, mezi nejčastěji používané patří slitina AlMg3Mn, jejíž napětí na mezi kluzu dosahuje až $R_{p0,2}=120$ MPa. Tyto odlitky jsou odlévány především tlakově vakuovým litím a jsou určeny pro strukturální součásti karoserie.

Stěny odlitků jsou obvykle silné cca 2,5 mm, ale lokálně mohou být zeslabené na přibližně 1,5 mm.



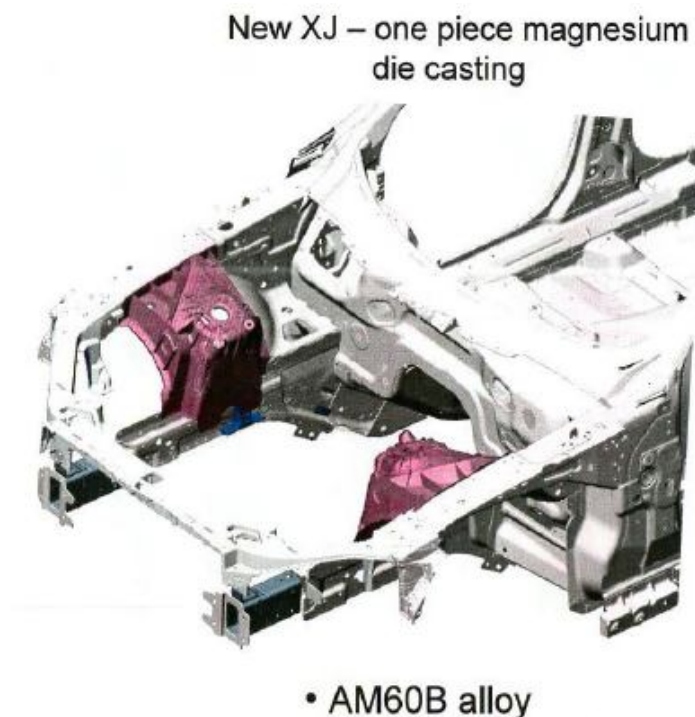
Obr. 12 : Odlitek rámu předních dveří ^[1]

2.4. Hořčík a jeho slitiny

Hořčík má nižší hustotu než hliník. Díky tomuto hledisku se docílí větší úspory hmotnosti, než s použitím hliníku. Hořčík je tvářitelný okolo 225°C. Největší procento přísadové části v slitinách hliníku tvoří hořčík, což pomáhá zvyšovat pevnost a tvrdost i slévárenské vlastnosti (Siluminy-slévárenské hliníkové slitiny). Nevýhodou slitin hořčíku za vyšších teplot je snížená pevnost. Proto je doporučení použití do 120°C.



Obr. 13: Zobrazení skeletu palubní desky vozů BMW (vlevo je starší model) ^[1]



Obr. 14: Část blatníku přední vzpěry ^[1]

2.5. Kovové pěny

Kovové pěny jsou porézním materiálem především z hliníku a jeho slitin. Velkou inspirací pro tvorbu této technologie se stala příroda a její výtvary, jako jsou korály a kosti, které mají izotropní vlastnosti a vyznačují se vysokou tuhostí.

Díky tomu je využití tohoto materiálu v konstrukci karoserií docíleno vyšší tuhosti, houževnatosti a odolnosti proti korozi. Hliník a jeho slitiny ve formě pěny lépe absorbují nárazovou energii a mají lepší schopnost tlumení vibrací a hluku. Přibližně 60% z objemu tvoří vzduchové bubliny, které jsou o velikosti v řádu milimetrů, což má za následek podstatné snížení hmotnosti při zachování objemu.

Především se používají jako výplň v deformačních zónách, jako jsou prahy a sloupky na boku karoserie.

Způsoby naplnění taveniny:

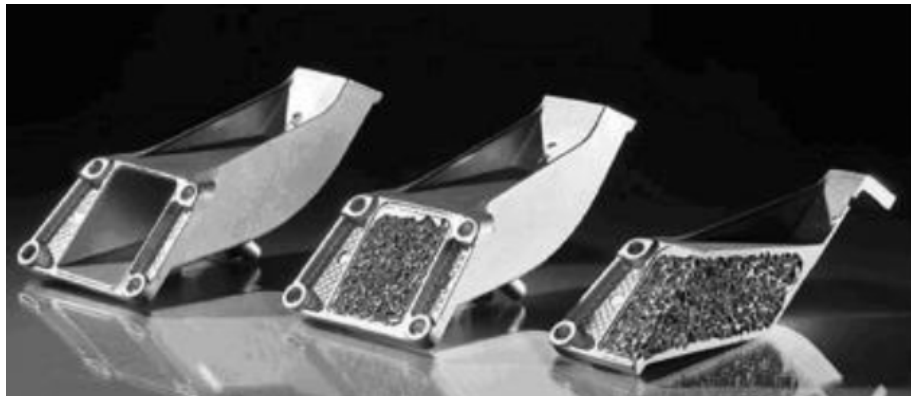
- a) do taveniny se přidá zpěňovadlo,
- b) vhánění plynu do taveniny z externího zdroje plynu,
- c) roztavení přidaného tuhého polotovaru , který obsahuje zpěňovadlo.

Z hlediska výroby konstrukčních dílů z pěnového hliníku, s povrchovou vrstvou hliníku a porézní vnitřní strukturou je nejlepší práškovometalurgická technologie ALULIGHT. Hustota této pěny je $300-700 \text{ kg.m}^{-3}$.



Obr. 15 :Vyztužený profil prahu vozidla Ferrari (ALULIGHT) ^[10]

Mezi evropské výrobce hliníkových pěn patří rakouská firma LKR, která vyrábí pěnový hliník pomocí napěnění taveniny z externího zdroje. Tato pěna je známá pod označením METCOMB.



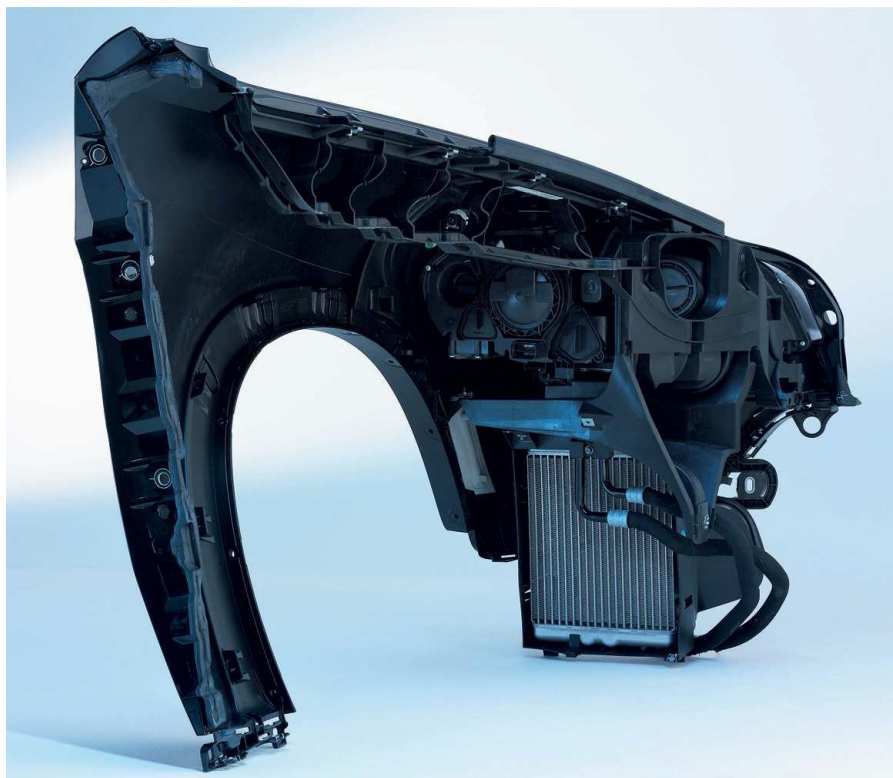
Obr. 16 : Tvarové profily vyplněné hliníkovou pěnou METCOMB (výrobce LKR Ranshofen) ^[10]

Mezi další výrobce hliníkové pěny patří kanadská společnost Cymat Corp, která vyrábí pěnový hliník pod označením SAF (Stabilized Aluminium Foam). Technologie výroby spočívá v tom, že se od taveniny hliníku přimíchává prášek karbidu křemíku, oxidu hlinitého nebo hořečnatého, poté se do ní vhání plyny, které vytvářejí po ztuhnutí materiál s malými a pravidelně rozmístěnými dutinkami. Především se z tohoto materiálu vyrábějí desky až o tloušťce 100 mm s hustotou 100 až 500 kg.m⁻³.

Japonská firma Shinko Wire Copany vyrábí pěnový hliník pod obchodním označením ALPORAS. Tavenina se zpěňuje pomocí zpěňovače se současným přidáním vápníku. Vytvářejí se hranoly o velikosti 2400 x 700 x 450 mm. Hustota se pohybuje od 180 do 240 kg.m⁻³. Převážné použití je v oblasti průmyslového designu.

2.6. Plasty

Plasty patří mezi materiály, jenž se využívají v automobilovém průmyslu především jako panely pro karosářské součásti. Jsou to díly typu nárazníků, předních a zadních blatníků, zadních vík (BMW) a dalších vnějších kapotování. Především se používají v interiérových komponentech, jako jsou palubní desky, obložení dveří, atd. Ve většině těchto případů se používá výroba vstřikováním termoplastu ABS. Nově vyvinuté směsi termoplastů s plnivý redukuje nevýhodné vlastnosti, kvůli kterým se dříve pro tyto aplikace nehodily. Nemají tak velký sklon ke křehnutí za nízkých teplot a odolávají nasávání vlhkosti. Jejich houževnatost má výhodu v chování za deformace při nárazu automobilu. Mají měrnou hmotnost $1000 - 3000 \text{ kg/m}^3$. Plasty umožňují vyrobít i tvarově velmi složité součásti, ale nemají tak velkou tuhost jako ocelové nebo hliníkové součásti karoserie. Z toho důvodu se prozatím nepoužívají pro stavbu samonosné plastové karoserie.



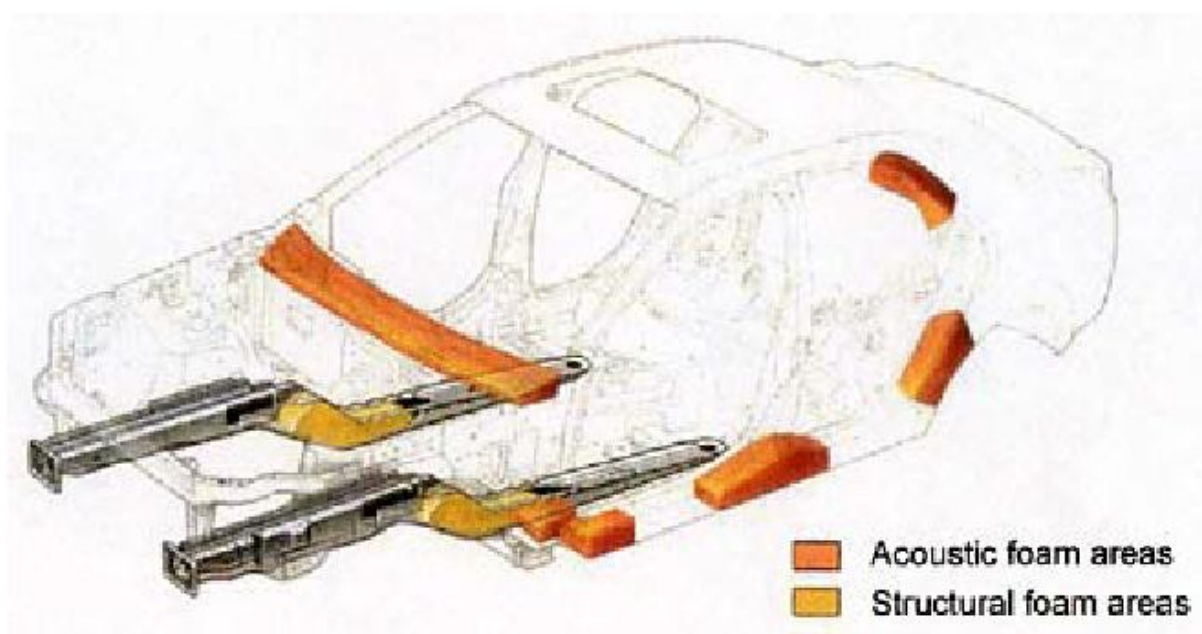
Obr. 17: Přední plastový blatník od firmy Borealis^[3]

Ve výrobě svařované karoserie jsou plasty spíše používány jako výztužná výplň do jednotlivých profilů nebo do více namáhaných uzlů. Zde se především využívá tzv. PU pěny, která se vstřikuje do profilů (hliníkových, ocelových, atd.).

Provádí se v 3 skupinách PU pěny:

- malá hustota výplně – akustická a tepelná izolace,
- střední hustota výplně – vylepšení tuhosti karoserie,
- vysoká hustota výplně – zvýšení absorpce deformační energie dutých konstrukčních prvků.

PU pěnou se většinou vyplňují kritické uzly a slouží také jako absorber energie. Je výborně využitelná z hlediska tuhosti a pevnosti bez nutnosti zesilovat plechové profily. Jedná se o systém SFI (Structural Foam Inserts).



Obr. 18: Umístění a typ PU pěny v automobilu^[1]

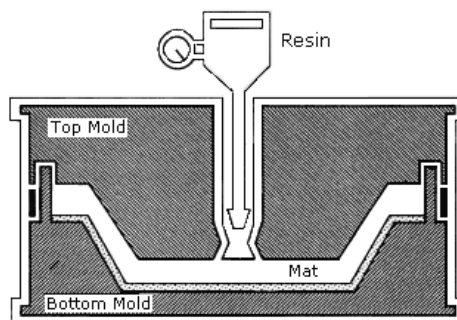
2.7. Kompozity

Kompozit je takový materiál, který spojuje specifickým způsobem dva či více komponent o různých fyzikálních i pevnostních vlastnostech. U automobilů se nejčastěji používají kompozity s dlouhými vlákny a to:

- uhlíková vlákna v kombinaci s epoxidovými matricemi,
- skelná vlákna a matrice z nenasyčených polyesterových pryskyřic.

Výhodou organické matrice je kombinace snadné tvarovatelnosti pryskyřice s pevností a tuhostí výztužných vláken. Specifikem těchto materiálů je vlastnost typická obecně pro všechny kompozitní materiály, tzv. anizotropie mechanických vlastností, neboli to je závislost mechanických vlastností materiálu ve směru působení vnějšího napětí. Ve směru vláken jsou mechanické vlastnosti srovnatelné s mechanickými vlastnostmi ocelí. Pokud se jedná o jiný směr, tak se vlastnosti kompozitů výrazně mění. V tomto případě se musí kompozitní materiál technologicky navrhnout tak, aby dokázal snášet vysoké namáhání. Je několik metod výroby kompozitů, ruční kladení výztuže s následným zalitím pojiva, tažení kompozitních profilů nebo tzv. Resin Transfer Molding (RTM) .

RTM je vysokotlaké vstřikování pojiva (pryskyřice) do uzavřené formy, která je připravená a vytvarovaná do tvaru dané součásti matrice (dlouhá nebo krátká vlákna). Následně se ve formě, pokud je tkanina (matrice) dostatečně prosycená, začne vytvrzovat při teplotě okolí nebo za zvýšené teploty.

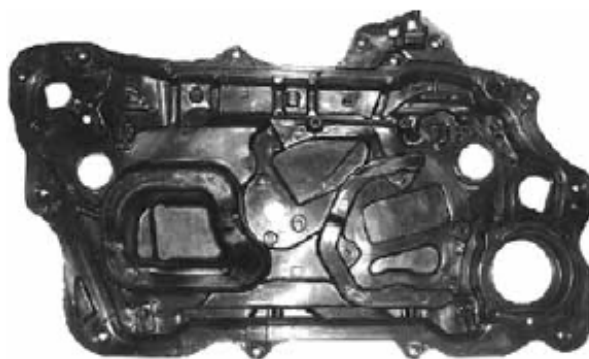
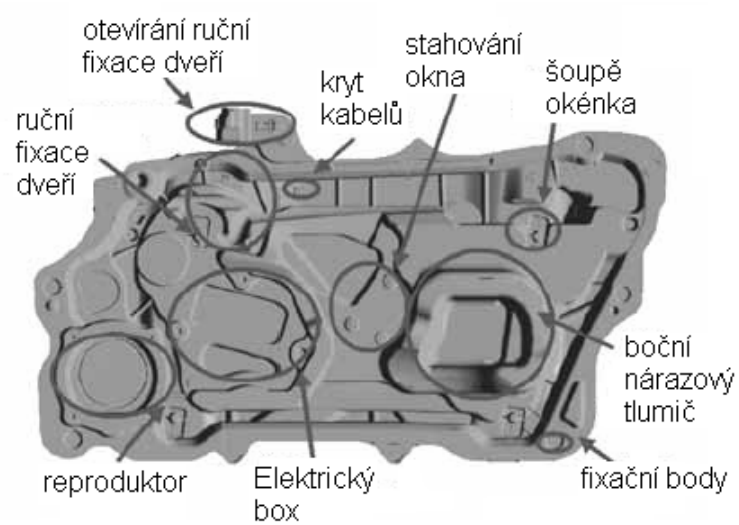


Obr. 19: Schéma technologie RTM ^[7]

V automobilovém průmyslu je nejvýhodnější skořepinová struktura kompozitu, z toho vyplývá široké spektrum použití v oblasti nosné karoserie (např. podvozku a dalších částí karoserie). U závodních a supersportovních vozidel je dnes použití kompozitů zcela běžné (Lamborghini Aventador LP700-4, viz. příloha č. 4). Cena uhlíkových vláken stále klesá, ale nadále přetrvávají vysoké náklady na výrobu. Tato výroba je obtížně automatizovatelná. Pokud se jedná o sériové využití, tak se kompozit používá u sportovních vozidel, jako je BMW M3 a M6. Tyto případy jsou však ojedinělé. Další využití kompozitních materiálů se nachází jako dekorační prvky vozidel, díky svému vzhledu (Karbon).



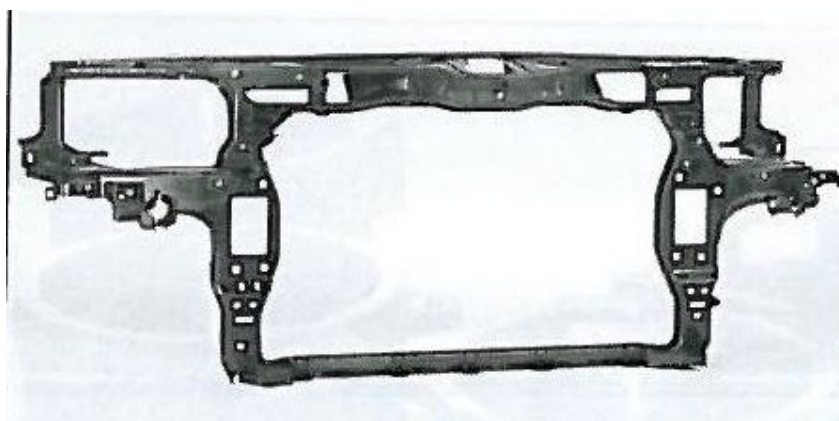
Obr. 20: Nosná část karoserie sportovního automobilu Porsche Carrera GT ^[3]



Obr. 21, 22: Kompozitové dveře s obsahem 40% skelné výztuže, tloušťka dílu je 2,5mm a jeho hmotnost 2kg ^[4]

2.8. Organoplech

Jedná se o kompozit termoplastu (polyamid 6) vyztužený skelnými vlákny. Výrobce je firma Bond-Laminales GmbH, která tento kompozit nabízí pod názvem TEPEX®dynamite 102-RGUD600(x)/47% a TEPEX®dynamite 102-RG600(x)/47%. Rozdíl je pouze v použité tkanině, kde v prvním případě je tkanina s příčně a podélně kladenými vlákny procentuálně dělená 80/20 a ve druhém 50/50. Oproti slitinám hliníku je o 10% lehčí. Díky své vysoké pevnosti a odolnosti při nižší tloušťce je skvělým konstrukčním materiálem. Nejdříve se organoplech ohřeje, vytvaruje a ořezává a následně se vloží do vstřikovacího nástroje, kde je doplněn výztužnými žebry z polyamidu 6. Společnost Lanxess pracuje na zjednodušení, aby tvarování organoplechu bylo přesunuto do jednoho kroku se vstřikováním. Jako první hybridní díl se představila spodní příčka na FRONT-ENDové přední masce Audi A8 a jako nárazníkové nosníky pro vozy značky BMW, viz. Příloha č. 7.



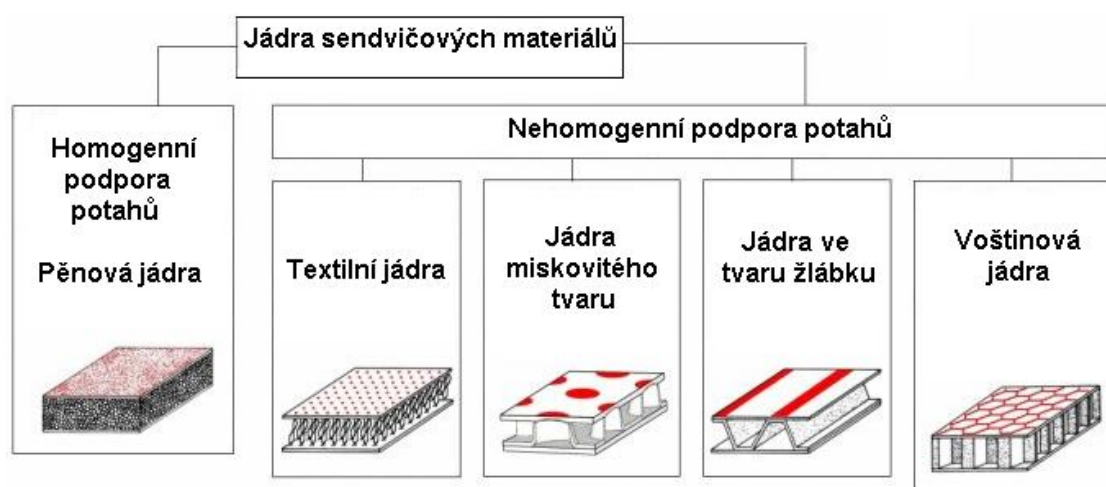
Obr. 23 : Přední maska s příčkou z organoplechu používaná u Audi A8 ^[4]



Obr. 24: Příčka přední masky z organoplechu používaná Audi A8 ^[4]

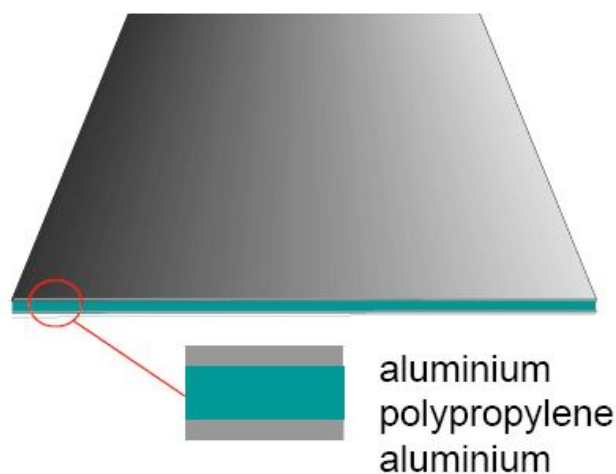
2.9. Sendviče

Sendviče jsou z různých materiálů, od ocelí až po plasty a kompozity. Asi nejznámější popis je: dvě plechové desky a mezi nimi jiný materiál nebo stejný, buď jako monolit, pěna nebo různě prolisovaný nebo zvlněný plech. V dřívějších kapitolách se již o sendvičích psalo (ULSAB). Ale je ještě mnoho různých typů a kombinací možné stavby karoserie. ^[4]

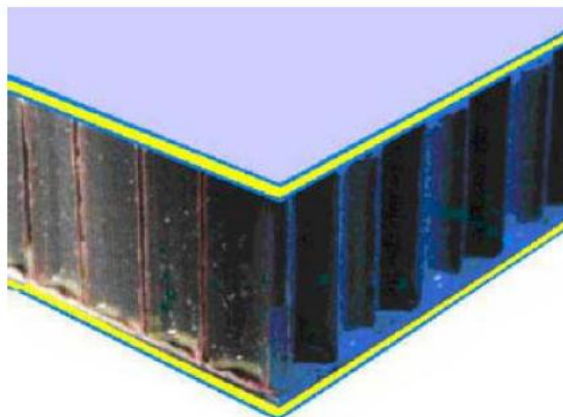


Obr. 25: Rozdělení jader sendvičů ^[4]

Mezi nejznámější sendvičové materiály patří materiál **Hylite**, který je složen z hliníkových potahů a pěnového jádra z polypropylenu. Vyvíjen především pro kryty a víka apod.

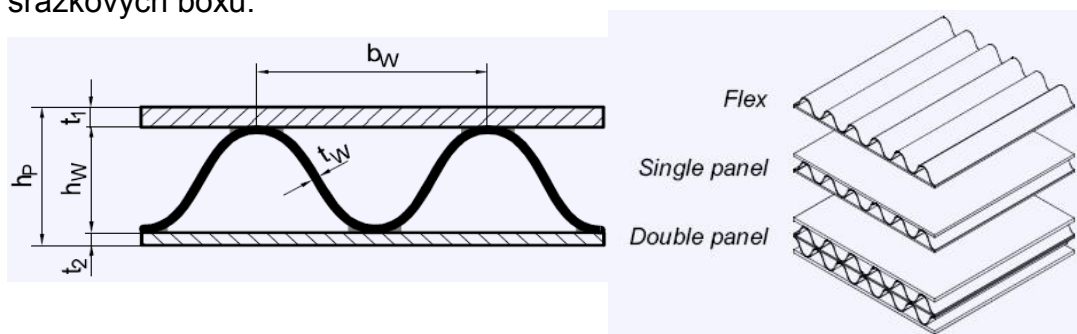


Obr. 26: Sendvičový materiál Hylite ^[4]

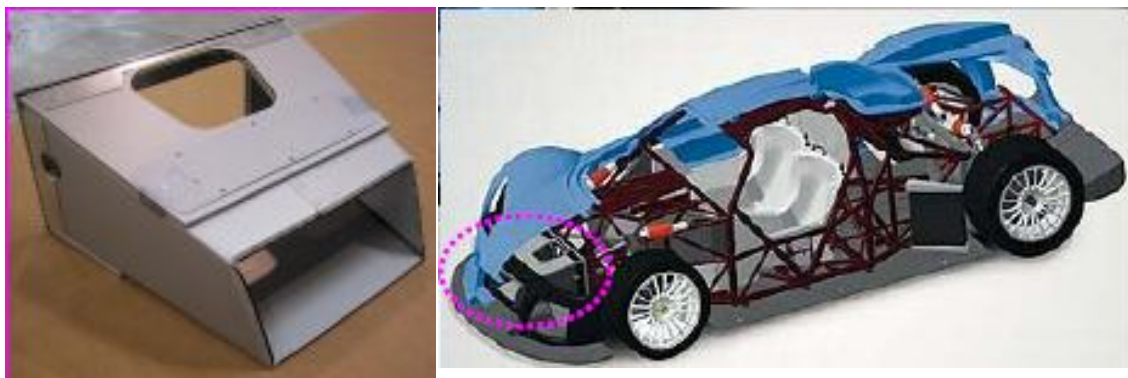


Obr. 27: Mezi panely Hylite je vloženo voštinové jádro z plastu nebo hliníku. ^[4]

Mezi větší výrobce sendvičových panelů patří i společnost Metawell a ta se zaměřuje na výrobu jader ve tvaru žlábků, která jsou vložena mezi panely a z vnějšku spojená. Především se využívá do interiéru, jako zadní stěna sedadel. U závodních aut typu Apollo se používá tohoto materiálu ke zhotovení srážkových boxů.



Obr. 28: Schématický pohled ^[4]

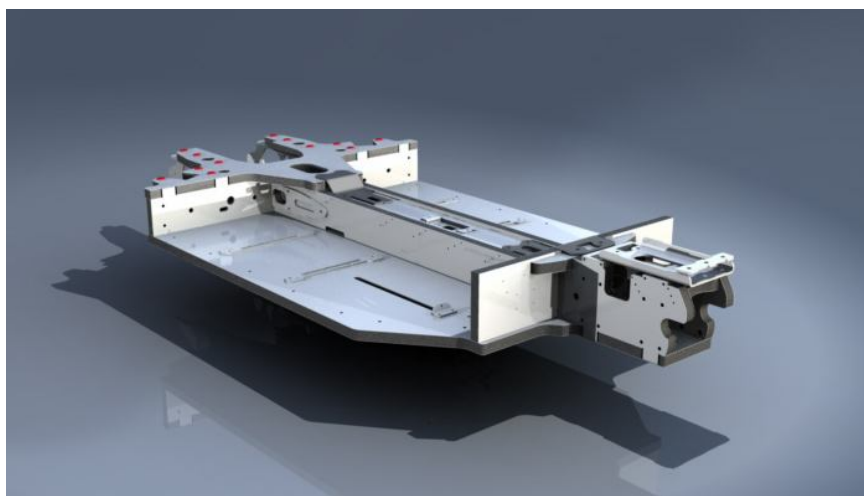


Obr. 29, 30: Srážkový box vozu Apollo s jeho umístěním ve voze (vpravo) ^[4]

Mezi další inovační kompozitní sendviče patří značka **Inrekor**, společnosti Inrekor Ltd. Tento sendvič se především využívá pro stavbu platform, které mají téměř o 30% nižší hmotnost oproti klasickým ocelovým a přitom mají stejnou tuhost.

Takto vytvořená platforma by měla dosáhnout v testech NCAP stejných vlastností jako pětihvězdičková ocel. Zatím je tento systém ve stádiu testování, ale již úspěšně probíhají testy v replice vozu Porsche 356.

Jedná se o sendvič, kde je jádro na bázi expandovaného propylenu a k němu jsou přilepeny z každé strany hliníkové plechy.



Obr. 31: Pohled na platformu využitou ve voze Porsche 356 ^[11]

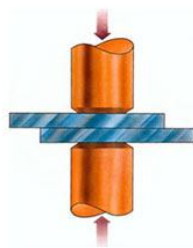


Obr. 32: Stavba sendviče Inrekor ^[11]

3.Rešerše technologie spojování ve stavbě karoserií

3.1. Svařování

Mezi dnes nejpoužívanější metodu svařování karoserií patří bodové svařování, ze skupiny odporového svařování. Tímto způsobem se především svářejí ocelové plechy, které se k sobě přitisknou pomocí dvou proti sobě jdoucích elektrod, kterými prochází elektrický proud. Díky horšímu vedení elektrického proudu v oceli dochází k lokálnímu natavení styčných ploch a tím spojení plechů.

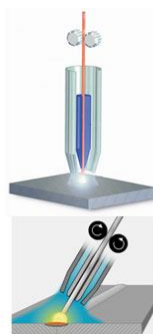


Obr. 33: Bodové svařování

Dalším způsobem spojování dílů je obloukové svařování s tavící se elektrodou v ochranné atmosféře, které se dělí na 2 základní metody:

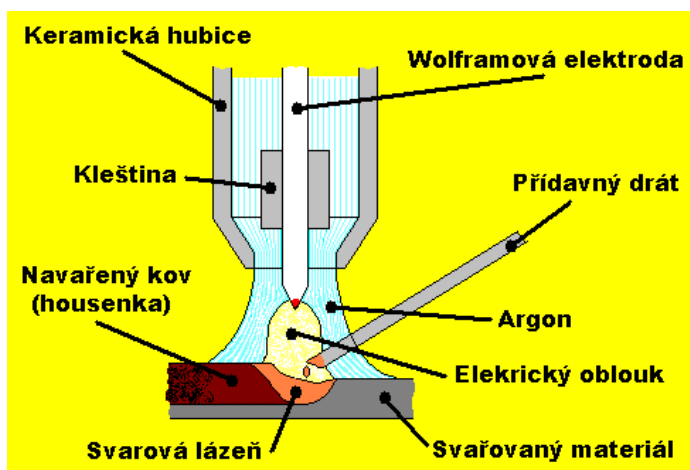
- MIG – svařování plnou (plněnou) elektrodou v inertním plynu,
- MAG – svařování plnou (plněnou) elektrodou v aktivním plynu.

Tyto metody jdou plně automatizovat, především se těmito metodami svářejí více namáhané součásti především v podvozkové části.



Obr. 34: Obloukové svařování s tavící se elektrodou

Obloukové svařování s netavicí se elektrodou v ochranné atmosféře inertního plynu (TIG) se využívá především pro svařování hliníkových, hořčíkových nebo korozivzdorných ocelových a dalších dílů s vysokou afinitou ke kyslíku. Přídavný materiál se přidává ručně.



Obr. 35: Obloukové svařování s netavicí se elektrodou (TIG)

Za velkou inovaci patří metalurgické obloukové spojování oceli s hliníkem. Toto řešení se nazývá CMT (Cold Metal Transfer). Princip této technologie spočívá v tom, že na straně hliníku se jedná o svarový spoj a na straně oceli o spoj pájený. Podmínka pro takovéto spojování dvou různých materiálů je, že ocelové plechy musejí být pozinkované a hliníkové plechy z materiálu řad AW 5xxx a AW 6xxx. Jako přídavný materiál do svaru, popřípadě pájení, je předepsaná slitina AlSi3Mn1. Zinková vrstva na oceli působí jako tavidlo a smáčí ocel.

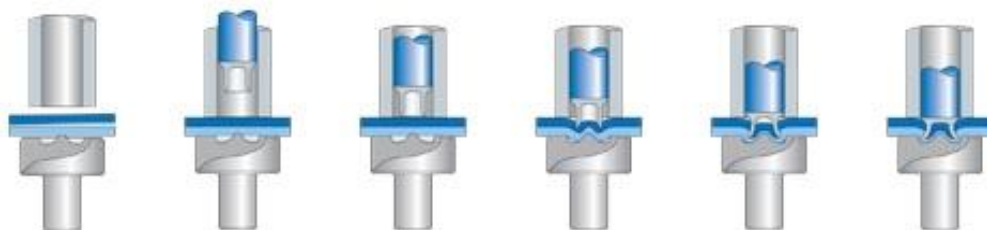
Při tahových zkouškách svar vydrží a první praskliny se objevují v samotném hliníku. Díky dlouhodobým zkouškám je dokázáno, že nedochází k mezikrystalickým, napěťovým a trhlinovým korozím. Pouze dochází k plošným korozím, což řeší antikorozní ochrana.^[9]

3.2. Nýtové a šroubové spoje

Pro nýtové spoje se používají především duté a poloduté nýty. Společnost Böllhoff vyvinula nárazecí nýty RIVSET®, které umožňují bez předděrování spojovat materiály. Jejich velkou výhodou je spojování různých materiálů vysokou dynamickou pevností se silovým i tvarovým stykem. Spojování dochází v jednom kroku bez výskytu emisí. Nýt prorazí horní vrstvu materiálu a v poslední vrstvě se rozevře v matici, aniž by ji prorazil, díky tomu vznikne bodové, plnostěnné a kapalíněsné spojení. Další výhodou je spojování za studena, což znamená bez tepelného ovlivnění okolí spoje, jako to je u svařování.



Obr. 36, 37: Pohled na průřez spoje ^[7]



Obr. 38: Postup nýtování ^[7]



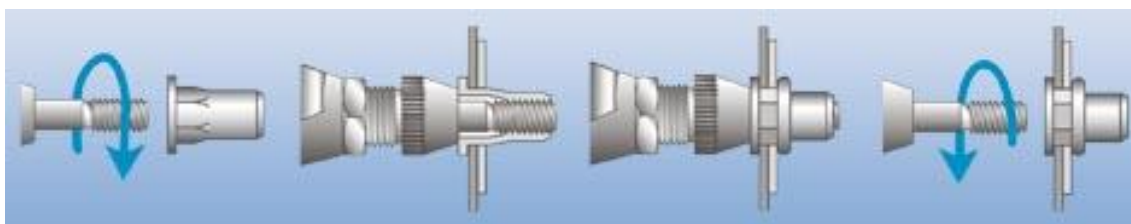
Obr. 39: Příklad použití ^[7]

Mezi další výrobky společnosti Böllhoff patří nýtovací matice a šrouby RIVKLE®, které umožňují vytvoření maticního nebo šroubového závitu ve stavebním dílci, které díky nižší tloušťce stěny neumožňuje řezání závitu. Tyto prvky se montují bez přichycení na protější straně a mohou být tak používány i na dutých profilech. Především se používají na tenkostěnné materiály, uzavřené profily s přístupem pouze z jedné strany, povrchově upravené díly a plasty.

Mezi velké výhody patří montáž za studena, tudíž bez tepelného zatížení a nízké investiční výdaje.



Obr. 40: Řez použití v profilu ^[7]



Obr. 41: Postup spoje ^[7]

3.3. Prolisování

Nerozebíratelný spoj prolisováním se v automobilovém průmyslu používá stále častěji, hlavně tam, kde se nedaří zajistit tavné svařování. Jinak je známo pod názvem klinčování. Tuto metodu opět vyvinula firma Böllhoff pod názvem RIVCLINCH®. Je to metoda spojování plechů bez použití dodatečných spojovacích prvků za použití speciálních nástrojů, které plasticky spojí plechy k sobě a vytvoří mechanický zámek. Tvar prolisu většinou závisí na zvolené raznici a matici. Opět se jedná o tváření za studena. Nedochozí k emisím při tváření. Výhodou je možnost spojování lakovaných plechů nebo spojování hliníkových plechů, kde je bodové svařování energeticky náročné. Tímto způsobem se dají spojovat plechy do celkové tloušťky 6 mm. Jsou dvoje základní geometrie prolisovaného bodu a to kruhová (viz. Obrázek níže) a pravoúhlá s prostřížením.



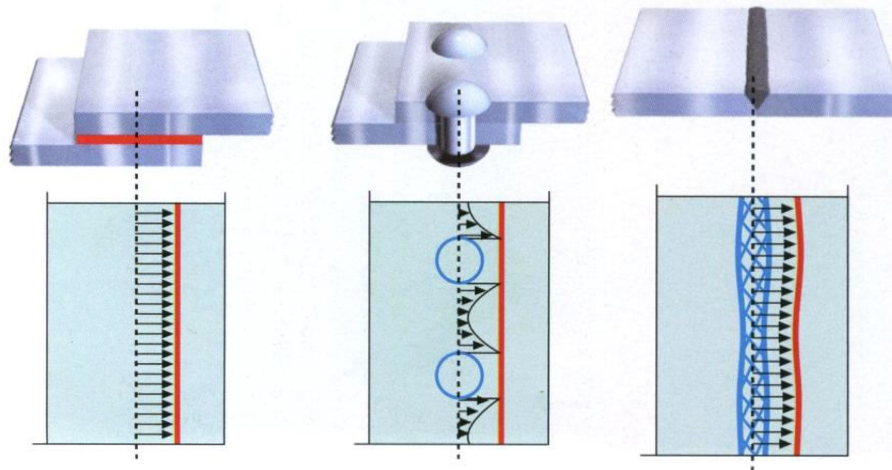
Obr. 42: Průřez ^[7]



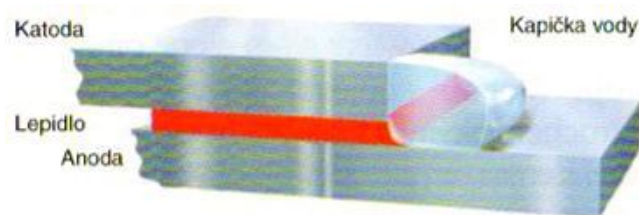
Obr. 43: Příklad použití ^[7]

3.4. Lepení

Lepené spoje jsou v automobilech už dlouho dobu využívány, především lepení čalounění a dalších interiérových částí. V poslední době s vývojem nových materiálů pro stavbu karoserií se vyvíjejí i lepidla pro lepení nosných částí karoserií. Díky tomu se dá uspořit hmotnost vlivem plošších a větších spojovacích ploch, protože se dá použít nižší tloušťka materiálu. Vyšší styková plocha také zvyšuje tuhost konstrukce. Navíc velká výhoda spočívá v ochraně proti korozi, buď pomocí vnějších vlivů nebo elektrolytické korozi. Další výhodou je útlum vibrací, rázů a zamezení nežádoucích hluků (pružná lepidla).



Obr. 44: Zobrazení napětí v lepeném spoji (vlevo), nýťovaném spoji (uprostřed) a svářeném spoji (vpravo) ^[13]

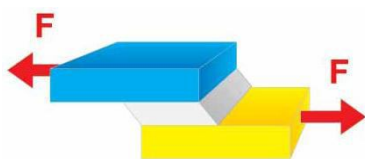


Obr. 45: Zobrazení těsnosti lepidel a odolnosti proti korozi ^[13]

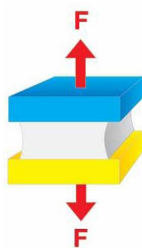
Příklady použití lepidel v současnosti v automobilovém průmyslu viz. Příloha č. 6.

Lepené spoje mohou spojovat různé materiály bez ohledu na jejich tloušťku. Nenarušují okolí spojení (struktura základního materiálu), jako to bývá u svařování. Mohou spojovat obtížně svařitelné materiály, jako jsou hliníkové slitiny či kompozitní materiály.

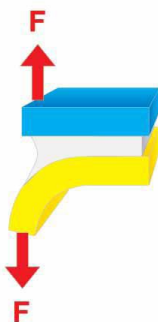
Mezi nevýhody lepených spojů patří nízká odolnost proti namáhání v odlupování a malá odolnost proti zvýšení teploty.



Obr. 46: Vysoká odolnost ve smyku ^[13]



Obr. 47: Nižší odolnost v tahu ^[13]



Obr. 48: Nízká odolnost v odlupování ^[13]

Pro tyto vlastnosti namáhání lepidel se musí volit správné technologické hledisko spojování součástí a použití vhodného lepidla pro danou aplikaci, viz Tab.1.

Druh lepeného spoje	Příklady	Používaná lepidla	Používané vlastnosti lepeného spoje
Drážkové přírubové lepení	Kapota	Např. epoxidové pryskyřice	Pevnost, tuhost, chování při nárazu, ochrana před štěrbínou korozí
Výztuhové lepení	Dveře, kapota	Např. polyuretany, PVC, synt. Kaučuky	Neohebnost torze, nesmí se deformovat vzhledový díl
Lepení nosné struktury	Sloupky, profily, přírubové švy	Epoxidová pryskyřice	Pevnost, tuhost, chování při nárazu
Těsné lepení	Hrdlo nádrže, utěsnění švu	Např. syntetické kaučuky, PVC	Těsnost, odolnost vůči korozi
Přímé zasklívání	Přední, zadní a pevné boční tabule	Např. polyuretany	Tuhost karoserie, těsnost, nepropustnost

Tab. 1: Příklady použití lepidel na určitou aplikaci ^[13]

4. Možnosti snížení hmotnosti karoserie vozu Swellak

4.1. Porovnání dosavadních lehkých karoserií

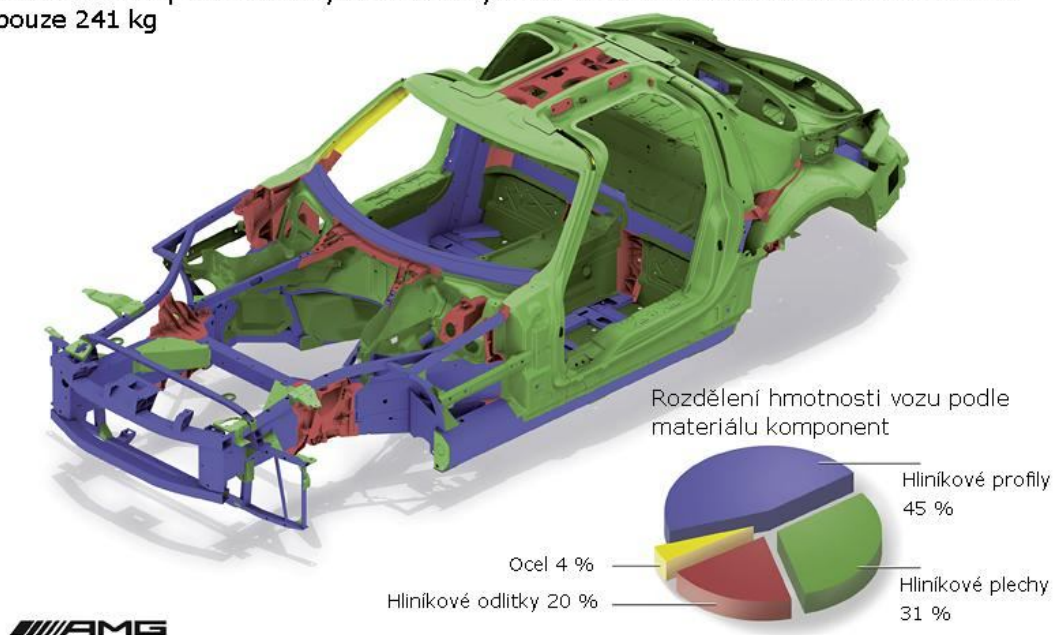
Pro nejvyšší snížení hmotnosti karoserie se v dnešní době používají kompozity s uhlíkovou maticí (karbon). Díky složité automatizaci je tato technologie poměrně drahá, proto se používají především pro malé série sportovních vozidel. Zároveň s kompozity se používají hliníkové slitiny, které se především využívají pro ukotvení náprav ke skeletu.

Celokompozitová (celokarbonová) karoserie je mnohonásobně dražší, než celohliníková (ASF) karoserie, ale je lehčí jen o přibližně 10%.

Celohliníková karoserie je přibližně o 25% lehčí než klasická ocelová.

Pro přirovnání jsem volil karoserii pro supersportovní automobil Mercedes Benz CLS AMG, který má hmotnost karoserie pouhých 241 kg, od firmy Magna Steyr, jak je uvedeno na obrázku níže. Nebo další supersportovní vůz Audi R8 (2008) s hmotností karoserie 210 kg, viz. Příloha č.3.

Hmotnostně optimalizovaný materiálový mix: Tuhá struktura karoserie s hmotností pouze 241 kg



Obr. 49: struktura karoserie Mercedes Benz SLS AMG ^[14]

4.2. Výběr materiálů pro stavbu karoserie

Mým úkolem bylo s využitím těchto materiálů vytvořit vrchní část karoserie neboli tzv. klobouk a navázat na platformu pro elektromobil. Jedná se především o nosnou část karoserie bez využití postranic, dveří, vík, apod.

Pro můj případ, kdy se mám zabývat otázkou, co nejvíce odlehčit za přiměřenou cenu, jsem volil kombinaci hliníkových prvků (profily, plechy, odlitky, pěny), kompozitu s matricí z tkaniny ze skelných vláken (organoplech) a vysokopevnostní oceli. V neposlední řadě jsem využil i sendviče, kde je polyamidové jádro a hliníkové desky. Vyztužení uzlových bodů a B sloupku jsem volil plastové pěny, které dokáží zvýšit tuhost bez velké navýšení hmotnosti.

Materiálová data vybraných materiálů využitých pro stavbu karoserie:

- Hliníkové části:

- Profily a plechy: slitina EN AW 6082 T651

	R _m [MPa]		R _{p0,2} [MPa]	A ₁₀ [%]
	min	max	min	min
AW 6082 T651	310		260	6-10

- Odlitky: slitina EN AW 5454(AlMg3Mn), EN AW 5754 (AlMn3)

	R _m [MPa]		R _{p0,2} [MPa]	A ₁₀ [%]
	min	max	min	min
AW 5454	200	275	85	16-14
AW 5754	240	280	160	6.X

Jednotlivé značení je dle evropské normy.

- Ocele:

- MBW 1500

	tloušťka materiálu [mm]		mez kluzu [Mpa]		pevnost v tahu [Mpa]	min. prodloužení
	min	max	min	max	min	
MBW 1500 před tepel. zprac.	0,65	3	min 320 (U, HR) 310-400 (U, CR) 360-500 (AS, CR)		min 500 (U, HR) 480-560 (U, CR) 550-700 (AS, CR)	10 (U, HR) 20(U, CR) 12(AS, CR)
MBW 1500 po tepel. zprac.	0,65	3	1100		1600	5

- MBW 1900

	tloušťka materiálu [mm]		mez kluzu [Mpa]		pevnost v tahu [Mpa]	min. prodloužení
	min	max	min	max	min	
MBW 1900 před tepel. zprac.	1,5	3	min 320 (U, HR) 360-500 (AS, CR)		min 700 (U, HR) 600-720 (AS, CR)	8 (U, HR) 10(AS, CR)
MBW 1900 po tepel. zprac.	1,5	3	1200		1900	5

Originální materiálová data viz Příloha č. 8.

- Organoplechy (TEPEX®dynalite 102-RGUD600(x)/47%):

		jednotky	podelné	příčné
materiálové vlastnosti	výztuha	vlákna	rovingové sklo	
		tkanina	kepr	
		plošná hmotnost	kg/m ²	0,6
		příze		1200 1200
		hmotnostní podíl	%	80 20
	polymer	polymer	PA6	
	plnivo	hustota	kg/m ³	1800
		obsah vlákniny	% objemu	47
		tloušťka na vrstvu	mm	0,5
mechanické vlastnosti	tah	modul	GPa	30,1 12
		pevnost	MPa	605 125
		prodloužení	%	2,1 1,5
	ohyb	modul	GPa	26,5 11
		max. pevnost	MPa	840 175

Originální materiálová data viz Příloha č. 8.

- Sendviče: Hliníkové plechy z materiálu AW 6082 T651, mezi kterými je propylenové jádro.

5.Návrh metody stavby karoserie vozu Swellak

Platforma, vyrobená z ocelového plechu se dá ještě více odlehčit pomocí sendvičových panelů Inrekor, které plnohodnotně nahradí ocelové plechy a vznikne hmotnostní úspora přes 30% oproti stávající platformě. V rešerši rozdělení materiálů je o tomto sendviči zmíněno více (kap. 2.9).

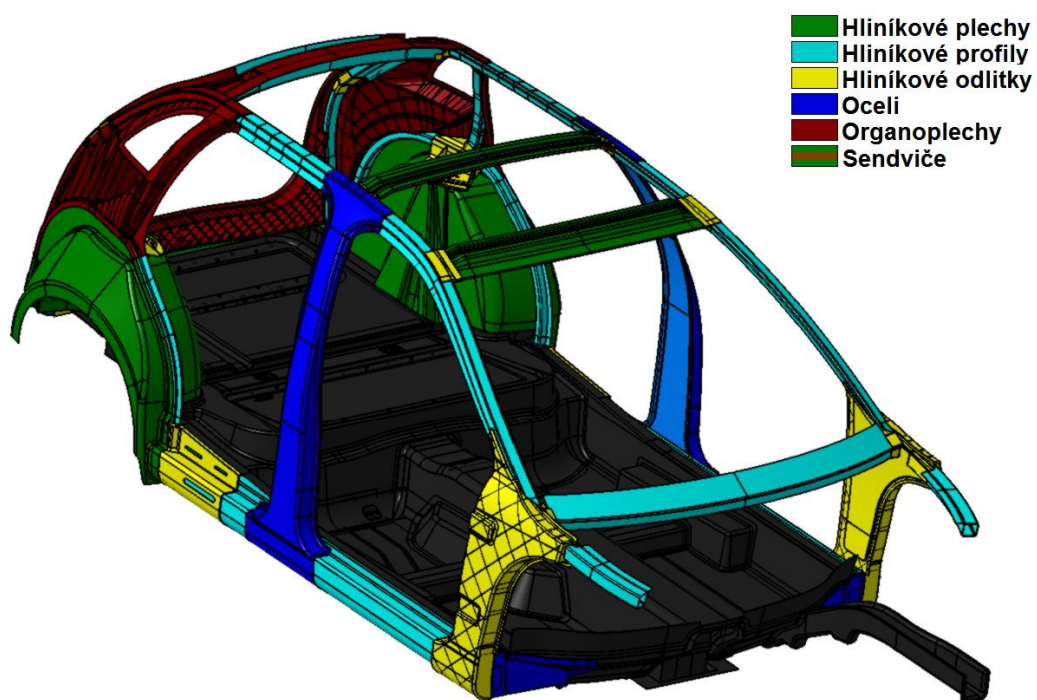
Jako počáteční bod modelování je globální souřadný systém, který je umístěn ve středu přední nápravy. Odtud se odvíjí konstrukce celého automobilu.

Samotná stavba karoserie spočívá v tom, aby jednotlivé prvky do sebe zapadaly při případné montáži v základních osách globálního souřadného systému (x, y, z), kvůli zjednodušení programování pro montážní roboty automatické montáže. Dále se mělo využít lemů, které zároveň slouží pro samotné připojení postranice, tak i pro přilepení těsnící gumy pro dveře. Velmi důležitou podmínkou bylo, aby svařovaná karoserie nekolidovala se samotným designem vozu.

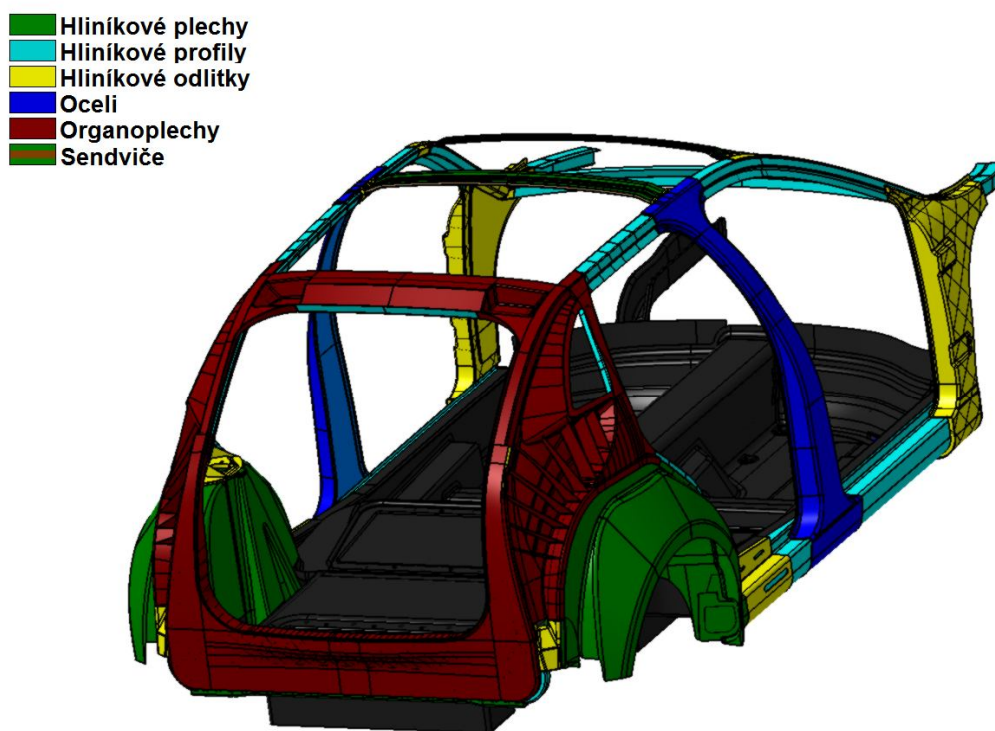
V této diplomové práci, která je především studie, se řeší, zda je možno využít s maximální úsporou hmotnosti současné materiály s přiměřenými náklady.

Pokud by se jednalo o elektromobil, tak se díky snížení hmotnosti může použít i menší počet baterií a méně výkonný motor, který nemá tak velký odběr. U spalovacích motorů jde čistě o ekologii, a s tím související emise, protože čím lehčí automobil, tím se použije slabší motor s menší spotřebou a tím i menšími emisemi.

V následných částech této zprávy bude ukázán zjednodušený klobouk, který by podle materiálových vlastností měl být lehčí oproti klasickému klobouku až o 30%. Díky zjednodušené konstrukci však nebude dosaženo takových hodnot. Takto vytvořená karoserie by měla ještě projít optimalizací, která může zajistit další odlehčení, díky maximálnímu využití potenciálu navrhnutého materiálu.



Obr. 50: 3D model karoserie svařené, pohled zepředu

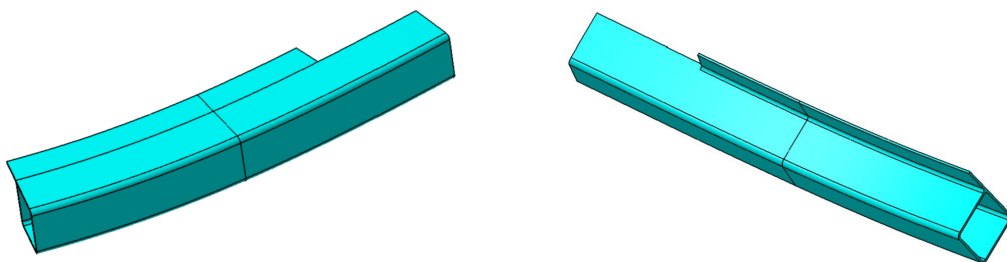


Obr. 51: 3D model karoserie svařené, pohled zezadu

5.1. Podrobný popis jednotlivých dílů

Profil přední (pravý, levý)

Profil je částečně nositelem předního blatníku, předního podběhu a nosiče chladiče (FRONT-END). Jedná se o tažený profil s lemem o původní délce 420 mm má hmotnost 474,47 g z hliníkového materiálu EN AW 6082 T651. Pro výrobu profilu bude použita technologie hydroforming. Ve vzdálenosti 107 mm od konce je lem odříznut z důvodu lepšího zasazení do sestavy A sloupku.



Obr. 52, 53: Profil přední (levý)

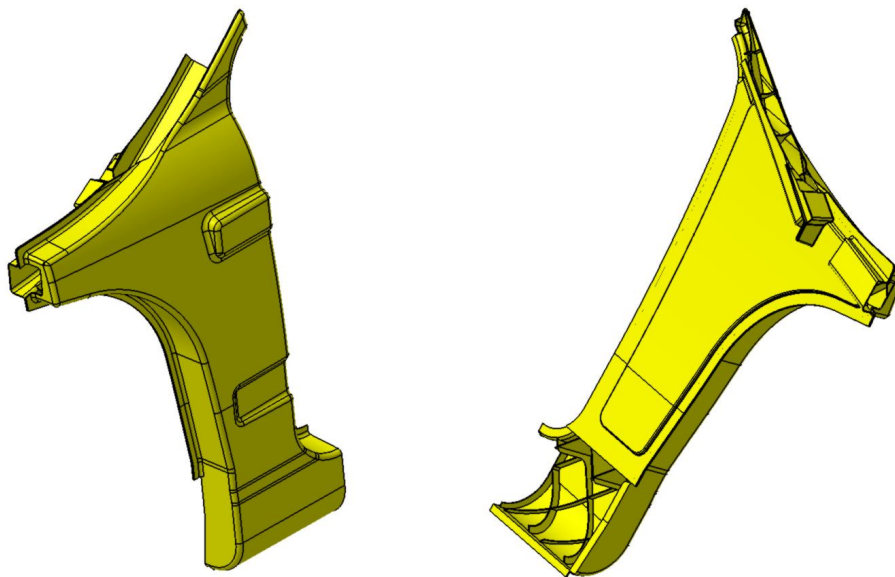
A sloupek (pravý, levý)

A sloupek je složen ze dvou dílů - vnitřního a vnějšího dílu. Oba díly jsou navrženy jako odlitky z hliníkové slitiny, kde vnější díl je vyztužený žebry. Použitý materiál je hliníková slitina s označením EN AW 5754.

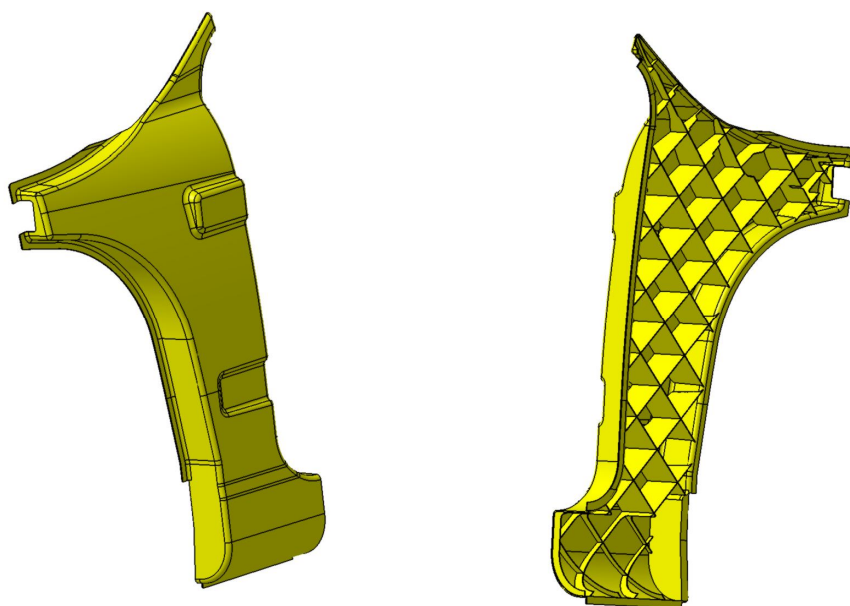
Tloušťka stěn je od 1,2 mm do 2 mm. Kde 2 mm je tloušťka stěny tvaru vnějšího dílu sloupku, 1,2 mm je tloušťka žeber a 1,5 mm tloušťka stěny vnitřního dílu A sloupku.

Tyto díly jsou k sobě přivařené. Mezi díly je navíc přivařený střešní profil, přední profil a přední příčník (přivařen k vnitřnímu dílu), ve vrchní části. Ve spodní části je přivařen práh.

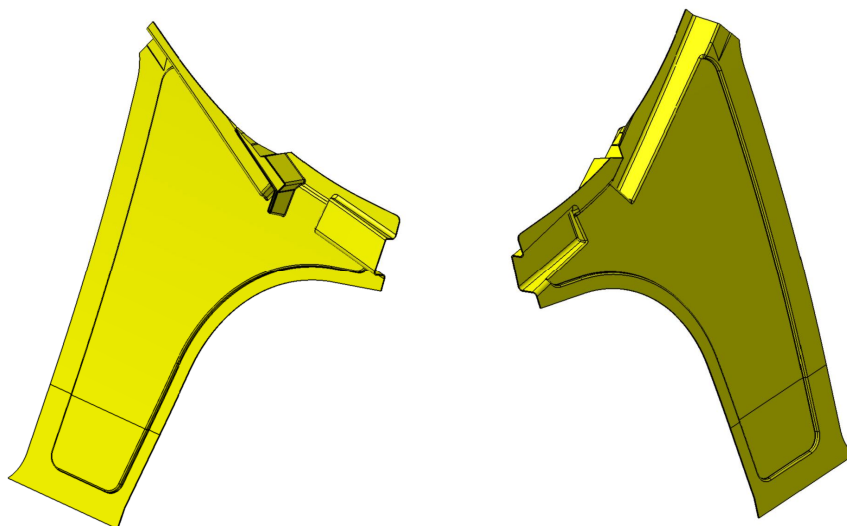
Hmotnost vnějšího dílu je 2850,08g a vnitřního dílu 883,67g.



Obr. 54,55: A sloupek (celek levý)



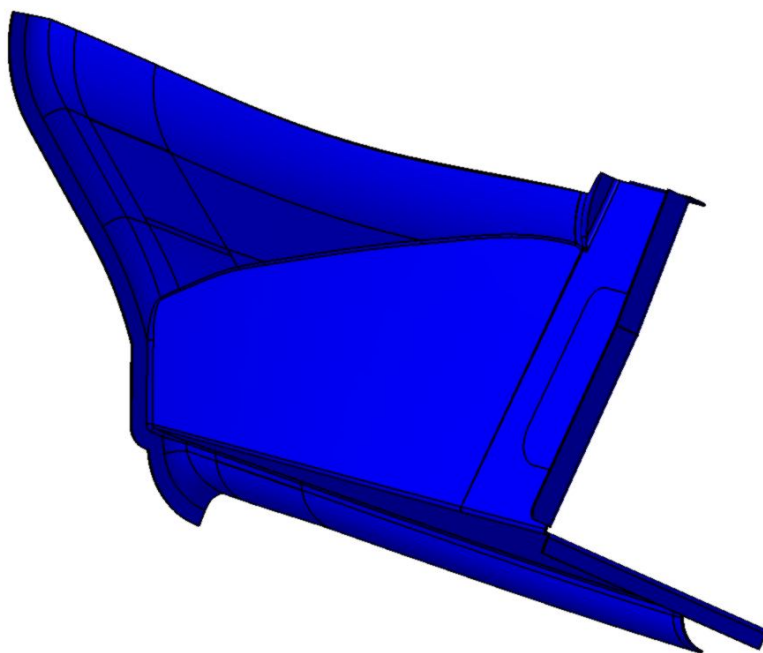
Obr. 56,57: A sloupek (vnější levý díl)



Obr. 58, 59: A sloupek (vnitřní levý díl)

Výztuha A sloupku (pravá, levá)

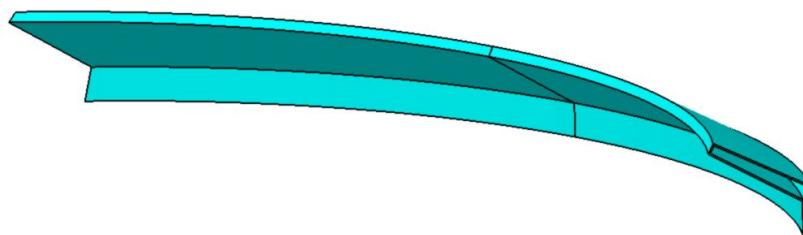
Slouží především jako výztuha proti zborcení A sloupku a nosného prahu při bočním nárazu v úrovni předního kola až do místa řidiče. Jedná se o výlisek z ocelového plechu tloušťky 1 mm z materiálu MBW 1500. Tento díl může být přivařen nebo přilepen k vnějšímu dílu A sloupku a je přivařen, popřípadě spojen klinčováním (RIVCLINCH, RIVSET) k platformě. Hmotnost tohoto dílu je 471,96 g.



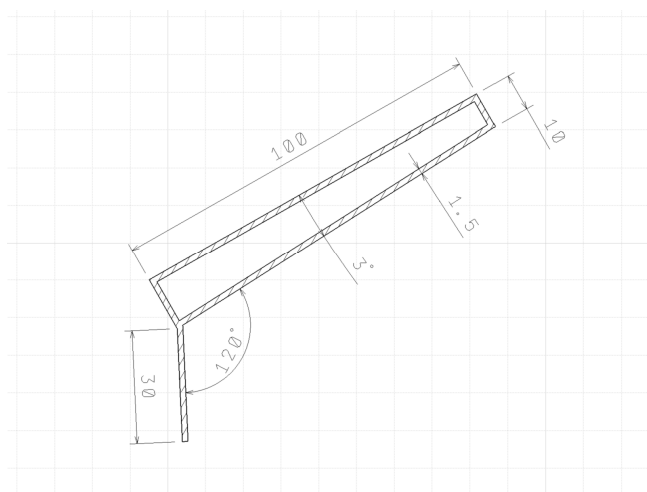
Obr. 60: Výztuha A sloupku levá

Přední příčník

Tažený hliníkový profil s lemem pro přidělení stěny mezi motorem a prostorem pro cestující. Je přivařený k vnitřnímu dílu A sloupku. Na jeho vrchní straně bude připevněn rám okna s těsněním a samotné čelní sklo. Profil je z hliníkového materiálu EN AW 6082 T651. Hmotnost dílu je 1440,16 g s původní rovnou délkou profilu 1470 mm o tloušťce stěny 1,5 mm.



Obr. 61: Přední příčník

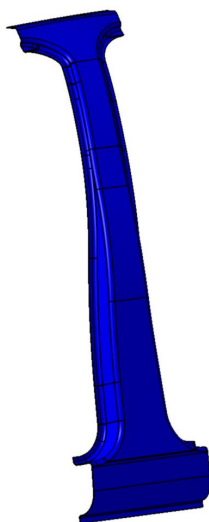


Obr. 62: Řez příčníkem

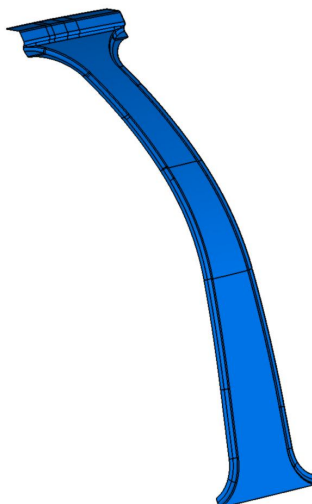
B sloupek (pravý, levý)

B sloupek se skládá z vnitřního a vnějšího dílu. Vnější díl je z materiálu MBW 1900 s tloušťkou stěny 1,5 mm a vnitřní díl z materiálu MBW 1500 s tloušťkou stěny 1 mm. Mezi těmito díly je prostor pro umístění speciální mřížky s kostkami polyuretanové hmoty, která vlivem protikorozeního „povlakování“ vyplní (vypění) dutinu mezi díly, čímž dojde k vyztužení celého B sloupku.

Hmotnost vnější části je 2662,19 g a vnitřní části 1087,5 g.



Obr. 63: B sloupek (vnější levý díl)



Obr. 64: B sloupek (vnitřní levý díl)

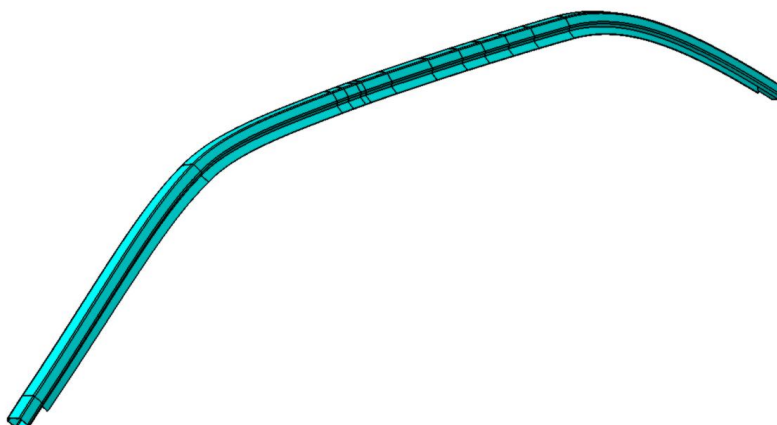
Střešní podélný profil (pravý, levý)

Střešní podélný profil je navržen jako tažený hliníkový profil s tloušťkou stěny 1,5 mm a délkou 2950 mm. Tento profil spojuje A sloupek, střechu a zadní část vozu. Z důvodu spojování profilu s A sloupkem a spojkou střešní profil-zadní profil není na koncích profilů lem (v délce 80 mm na straně spojování s A sloupkem a v délce 70 mm na straně spojování se spojkou střešní profil-zadní profil).

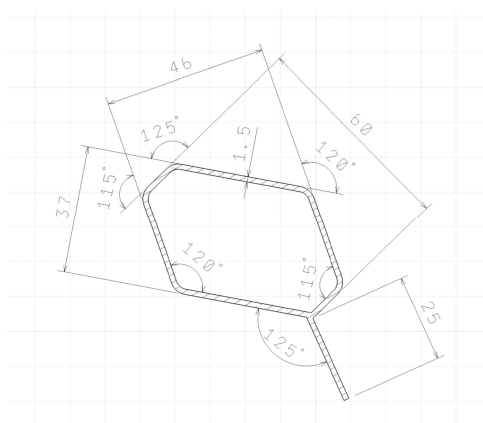
Výroba tohoto profilu by mohla vypadat následovně:

- 1) tažení hliníkové trubky,
- 2) ohýbání,
- 3) hydorforming pro výsledné tvarování.

Střešní profil je řešen z materiálu EN AW-6082 T651 a jeho hmotnost je 2175,24 g. Celková délka vytažené trubky je 2950 mm.



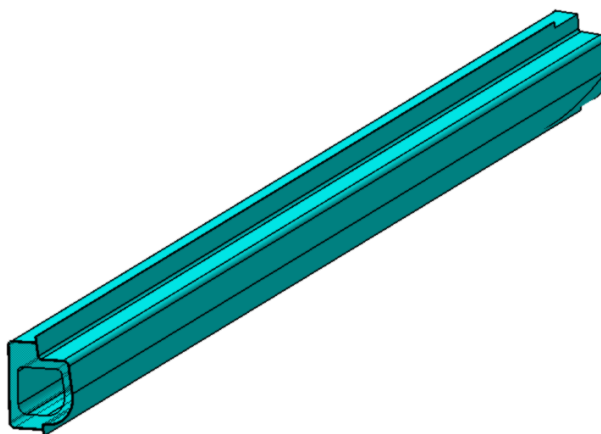
Obr. 65: Střešní podélný profil levý



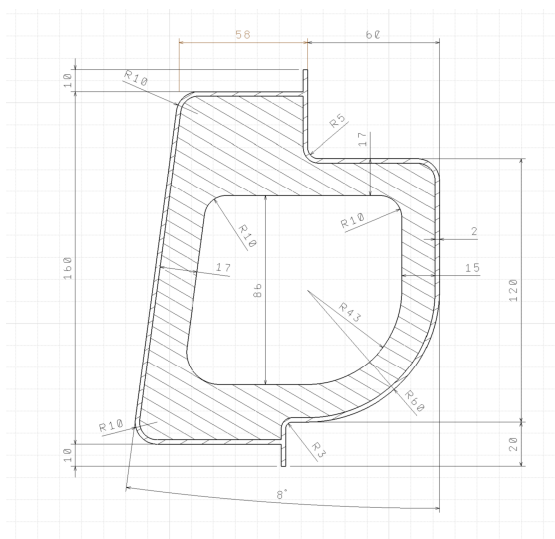
Obr. 66: Řez profilem

Práh (pravý, levý)

Prahy jsou navrženy jako tažený hliníkový profil s tloušťkou stěny 2 mm a jsou vyztužené hliníkovou pěnou. Touto technologií jsem se inspiroval u vozů Ferrari, které takto vyztužené prahey využívají ve svých současných modelech. Profil bude z materiálu EN AW 6082 T651 a hliníková pěna s obchodním označením ALULIGHT. Hmotnost samotného profilu je 5275,45 g a hmotnost pěny 7706,11 g. Délka prahu je 1760 mm. Práh je přivařený technologií CMT, popřípadě přilepený, k platformě.



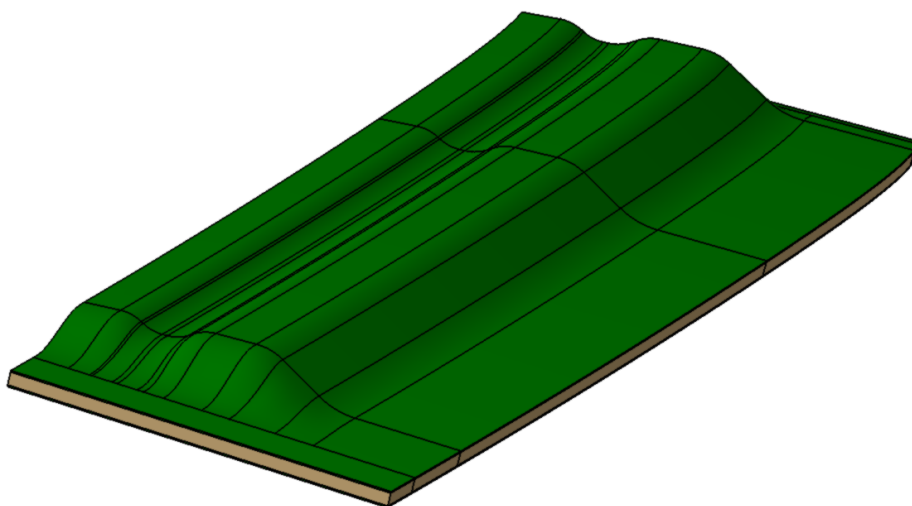
Obr. 67: Práh levý



Obr. 68: Řez profilem

Příčník čelní sklo-střecha

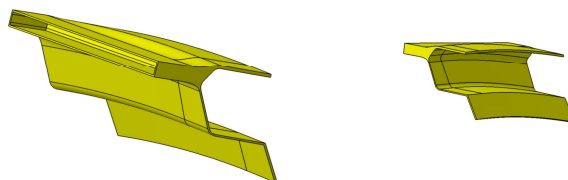
Příčník je navržen jako sendvičová deska s propylenovým jádrem mezi hliníkovými plechy. Materiál hliníkových plechů je EN AW 6082 T651 a jádro je z expandovaného propylenu. Tloušťka desek je 0,6 mm a tloušťka jádra 4,8 mm, celková tloušťka desky je 6 mm. Pro zvýšení tuhosti v ohybu je tento sendvič tvarovaný, kromě přední části pro vlepení čelního skla. Hmotnost navrhovaného dílu je 1094,58 g. K tomuto příčníku se přilepí spojky, které zajišťují spoj se střešním profilem.



Obr. 69: Příčník čelní sklo-střecha

Spojka příčníc čelní sklo – střešní profil (pravá, levá)

Hliníkový přesný odlitek z materiálu EN AW 5754 jsem použil v konstrukci spojky příčníc čelní sklo-střešní profil. Jedná se o propojující člen mezi příčnicí čelního skla-střechy a střešním profilem, v obou případech se bude jednat o lepený spoj. Nabízí se také možnost nahrazení lepeného spoje za svařovaný na straně střešního profilu. Hmotnost spojky je 117,74 g. Minimální tloušťka stěny je 1 mm.

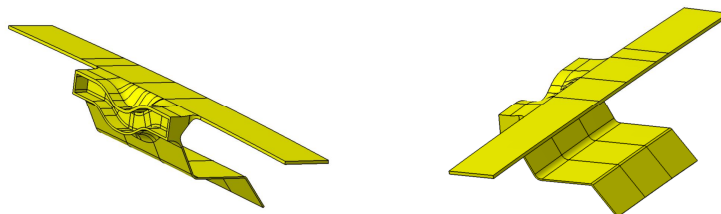


Obr. 70, 71: Spojka příčníc čelní sklo – střešní profil levá

Spojka B příčníc – střešní profil (pravá, levá)

Tato spojka je obdoba předchozího dílu ohledně typu výroby a voleného materiálu. Jedná se o propojující člen mezi B příčnicí a Střešním profilem, s využitím lepených spojů. Vrchní část je rozšířena z důvodu vložení mezi díly B sloupku, pro lepší provázanost mezi B sloupkem a B příčnicí. Tím vznikne ochranný oblouk ve tvaru obráceného U a zvýší tím celkově tuhost vozidla při bočním nárazu nebo převrácení vozidla.

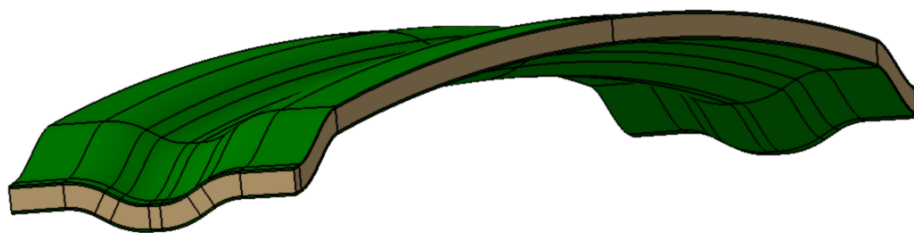
Hmotnost této spojky je 114,51g. Minimální tloušťka stěny je navržena 1 mm.



Obr. 72, 73: Spojka B příčníc – střešní profil levá

B příčník

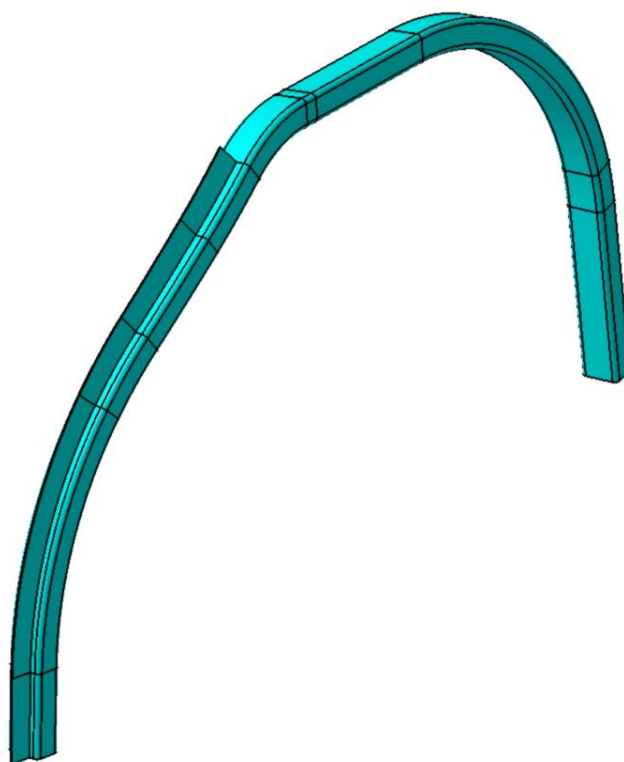
B příčník je navržen jako sendvičová deska s propylenovým jádrem mezi hliníkovými plechy. Materiál hliníkových plechů je EN AW 6082 T651 a materiál jádra je expandovaný propylen. Jedná se o shodný materiál, jako byl použit v konstrukci příčníku čelního skla-střechy. V návrhu B příčníku je ovšem počítáno s vyšší tloušťkou desky pro zvýšení tuhosti této části vozu (tloušťka plechu je 0,8 mm a tloušťka propylenového jádra je 8,4 mm). Podobně jako u předchozího sendviče dojde ke zvýšení tuhosti v ohybu díky vytvarování rovinné desky. Hmotnost toho dílu je 1178,18 g.



Obr. 74: B příčník

Profil C sloupek (pravý, levý)

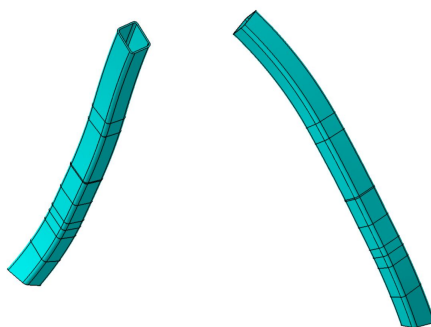
Profil C sloupek je navržen jako hliníkový obdélníkový profil tažený kolem prostoru pro zadní kolo až po zád' vozu, kde je napojený zadní profil. Tloušťka stěny je 2 mm a rozměry jsou 40x30 mm. U části zadních bočních dveří je přivařený nebo vytažený lem (záleží na použité technologii), který umožňuje připojení postranice. Profil je přivařen na obou koncích, přední část je přivařená k patce C sloupku a zadní část je přivařena ve spojce, která tento profil spojuje se zadním profilem. Díl je navržen z materiálu EN AW 6082 T651. Původní neohnutá délka profilu je 1525 mm, z toho vyplývá hmotnost profilu 1118,98 g.



Obr.75: Profil C sloupek

C sloupek (pravý, levý)

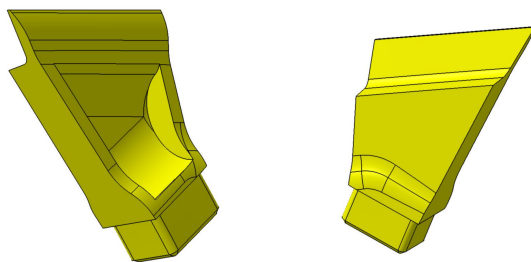
Tento díl je hliníkový obdélníkový profil o rozměru 40x30 s tloušťkou stěny 2 mm. C sloupek slouží především jako výztuha pro ukotvení tlumiče a celkové zvýšení tuhosti zadní části vozu. Díl je navržený z materiálu EN AW 6082 T651. Délka neohýbaného polotovaru profilu je 510 mm a hmotnost 332,09 g.



Obr. 76: C sloupek

Spojka C sloupek – střešní profil (pravá, levá)

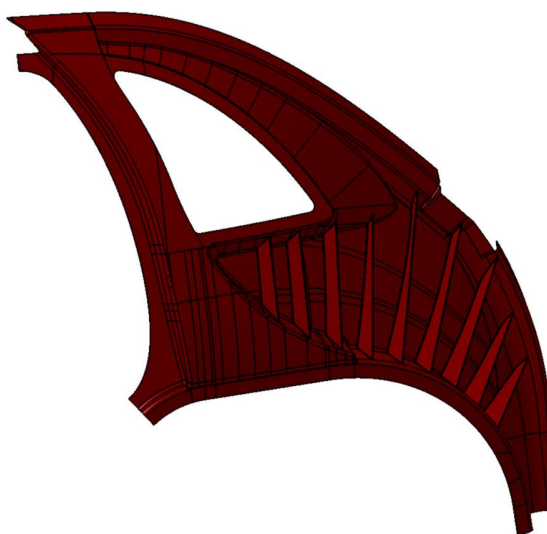
Tato spojka je navržena jako hliníkový odlitek z materiálu EN AW 5754, který se vsazuje do dutiny profilu C sloupku, kde se přivaří. Dále se přivaří na vnější stranu střešního profilu. Minimální tloušťka stěny je 6 mm. Hmotnost dílu je 188,45 g.



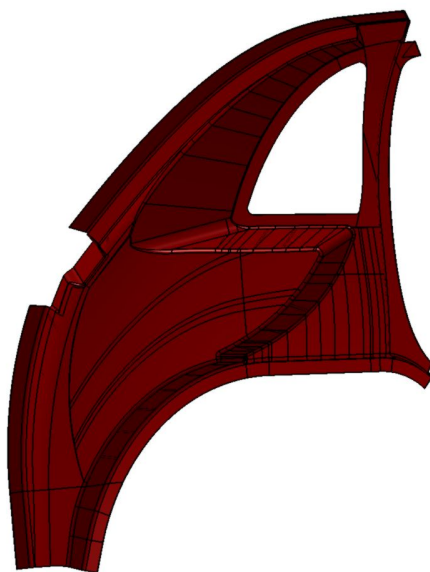
Obr. 77: Spojka C sloupek – střešní profil levá

C D monoblok (pravý, levý)

C D monoblok je tvářená součást z organoplechu (TEPEX®dynamite 102-RGUD600(x)/47%), tloušťka vyztužené skořepiny je 1 mm a tloušťka doplněných výztužných žebér 1,5 mm. Tento díl především slouží k vyztužení zadního boku vozidla, přichycení postranice, popřípadě přichycení zámku zadních bočních dveří. Hmotnost tohoto dílu je 883,51 g.



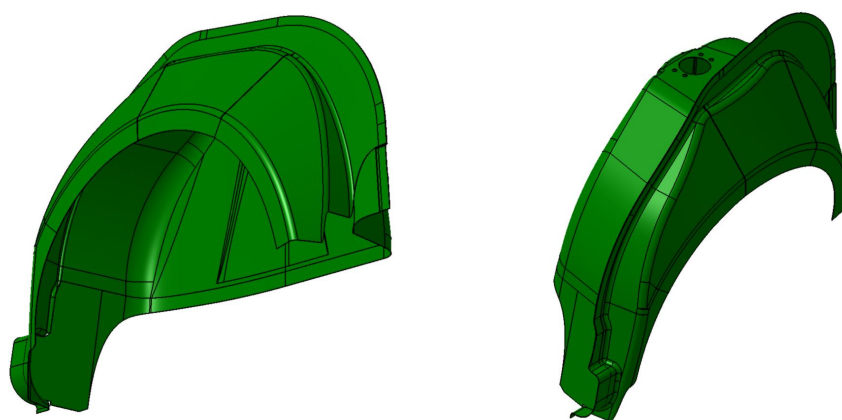
Obr. 78: C D monoblok levý (vnější pohled)



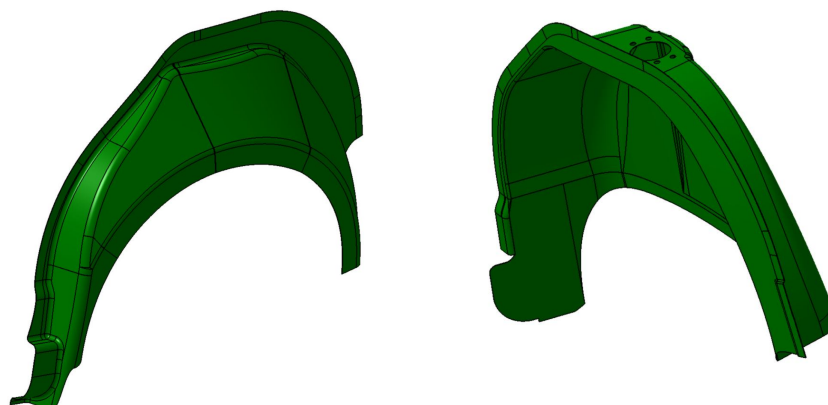
Obr. 79: C D monoblok levý (vnitřní pohled)

Zadní podběh

Zadní podběh je skládaný ze dvou dílů. Oba díly jsou z hliníkové slitiny EN AW 6082 T651 o tloušťce stěny 1 mm. Volil jsem tuto tloušťku z důvodu minimální nosnosti samotného podběhu. Pro výrobu tohoto dílu je použita technologie lisování. Pro svou tloušťku stěny bude výhodnější spojování pomocí narážecích nýtů RIVSET nebo prolisování RIVCLINCH. Na vnější díl bude připojena (přilepena) postranice. Hmotnost vnějšího dílu je 989,91 g a vnitřního dílu 1567,72 g.



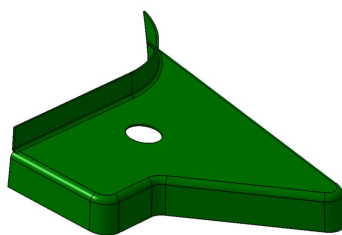
Obr. 80, 81: Zadní podběh (celek)



Obr. 82, 83: Zadní podběh (vnější díl – vpravo, vnitřní díl – vlevo)

Záslepka (levá, pravá)

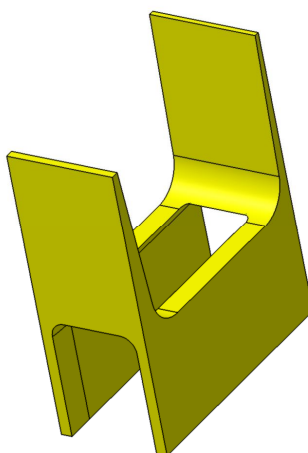
Záslepka je navržena jako lisovaná součást z hliníkového plechu materiálu EN AW 6082 T651, která zajišťuje konečné propojení od podběhu s platformou a spojkou zadního profilu – profilu C sloupku. Tloušťka plechu je 1 mm, hmotnost 61,79 g. Otvor v záslepce není tolerován, slouží pouze jako odtokový otvor pro případnou vodu.



Obr. 84: Záslepka levá

Spojka zadní profil – platforma (pravá, levá)

Tato spojka je hliníkový odlitek z materiálu EN AW 5754 s minimální tloušťkou stěny 2 mm. Tato spojka slouží k zajištění zadního profilu k nosníku zadní části platformy. Hmotnost dílu je 123,94 g.

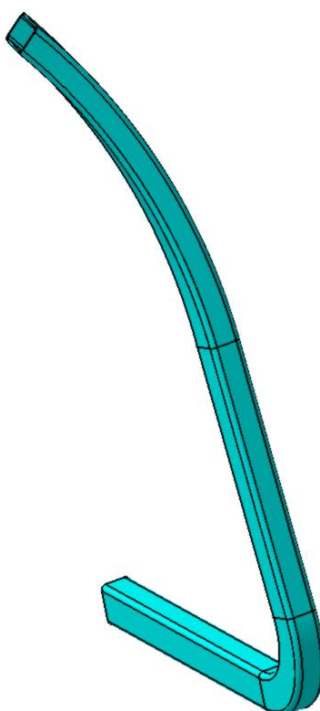


Obr. 85: Spojka zadní profil – platforma

Zadní profil (pravý, levý)

Zadní profil slouží především k uchycení střešního profilu a profilu C sloupku k platformě. Zadní profil je uchycen (přivařen) pomocí spojky k výztuze platformy a následně i k výztuze zadního čela. Spodní část profilu nezasahuje až do středu vozidla z důvodu možného pozdějšího přidání tažného zařízení.

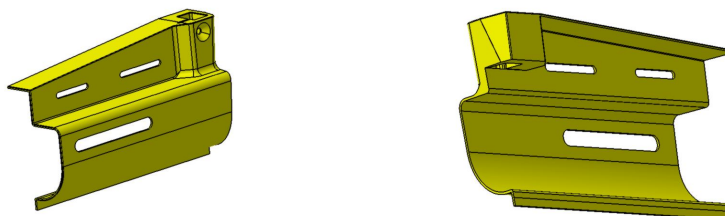
Délka neohnutého profilu je 1060 mm. Samotný profil má v průřezu tvar obdélníku s rozměry 40x30 mm. Použitý materiál je EN AW 6082 T651. Výsledná hmotnost profilu je 732,27 g.



Obr. 86: Zadní profil levý

Patka profilu C sloupku (pravá, levá)

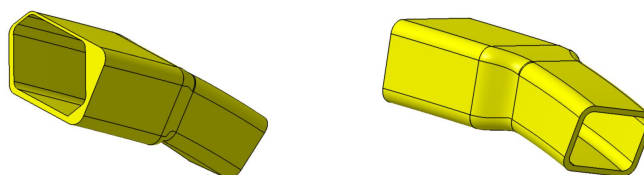
Patka profilu C sloupku je navržena jako hliníkový odlitek z materiálu EN AW 5754 s minimální tloušťkou stěny 3 mm. Patka propojuje profil nosného prahu, lem od platformy a profil C sloupku. Ve všech třech propojeních se bude jednat o svařený spoj. Hmotnost je 1715,56 g.



Obr. 87, 88: Patka profilu C sloupku levá

Spojka střešní profil – zadní profil (pravá, levá)

Spojka střešní profil – zadní profil je hliníkový odlitek z materiálu EN AW 5754 s hmotností 276,64 g a minimální tloušťkou stěny 1,5 mm na straně střešního profilu. Propojuje dva různé průřezy profilů, z tohoto důvodu se jedná o odlitek a ne jen profilovou objímku.



Obr. 89, 90: Spojka střešní profil – zadní profil levá

Držák tlumiče (pravý, levý)

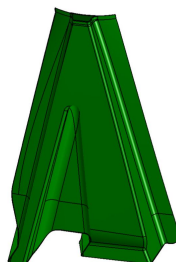
Držák tlumiče je navržen jako hliníkový odlitek, který zajišťuje uchycení tlumiče od nápravy a také funguje jako propojení profilu C sloupku a C sloupku. Materiál je EN AW 5754. Hmotnost tohoto dílu je 1014,68 g. Minimální tloušťka žeber je 1 mm. Otvory pro uchycení tlumiče jsou jen názorné, záleží na použití typu tlumiče a typu zadní nápravy. Všechny spojení s ostatními díly jsou svařované.



Obr. 91, 92: Držák tlumiče levý

Podpora držáku tlumiče (pravá, levá)

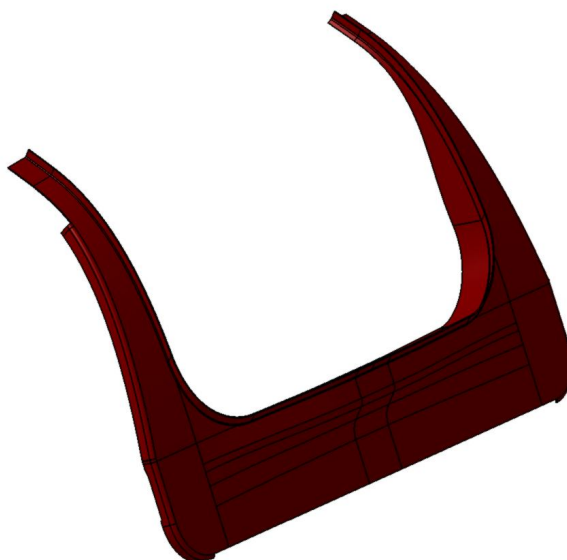
Podpora držáku tlumiče je navržena jako lisovaná součást z hliníkového plechu materiálu EN AW 6082 T651. Tloušťka stěny plechu je 1,6 mm, hmotnost 747,89 g. Tato součást vyztužuje držák tlumiče vůči namáhání od tlumiče a nápravy. Dlouhý konec vede až k ukotvení nápravy v platformě a tím napomáhá k lepší tuhosti uložení tlumiče a nápravy. K držáku tlumiče bude přivařen a k platformě bude spojen klinčováním (RIVSET, RIVCLINCH).



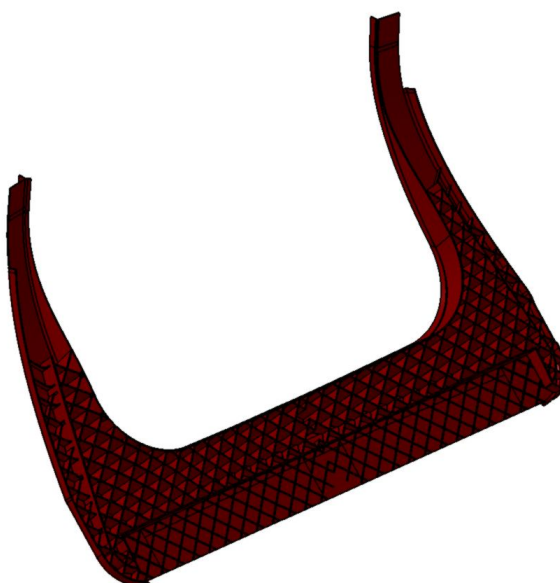
Obr. 93: Podpora držáku tlumiče levá

Zadní čelo

Zadní čelo je kompozitový díl z organoplechu (TEPEX®dynamalite 102-RGUD600(x)/47%) vyztužený žebry a lemy pro uchycení dalších součástí (zadní profil, výztuha zadního čela) z vnitřní části a z vnější části je těsnící lem na páte dveře. Tloušťka skořepiny je 2 mm a tloušťka žeber a lemů je 1,5 mm. Hmotnost je 4156,71 g. Jedná se o nejrozměrnější součást klobouku karoserie.



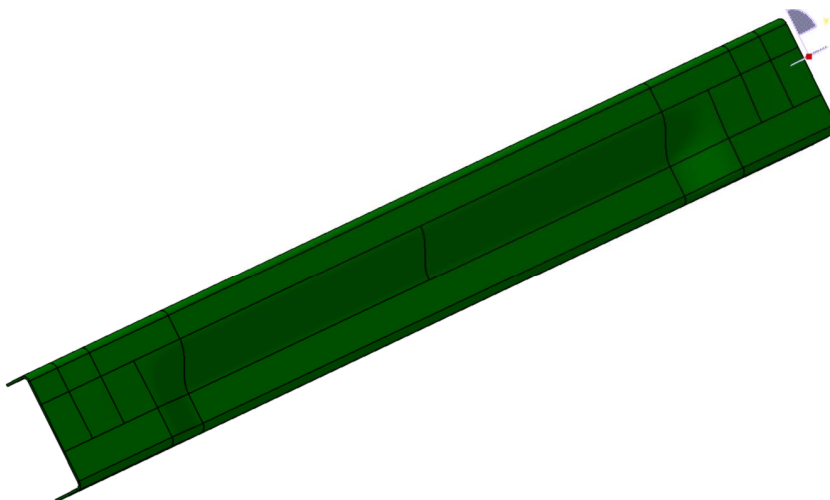
Obr. 94: Zadní čelo (vnější pohled)



Obr. 95: Zadní čelo (vnitřní pohled – žebrování)

Výztuha zadního čela

Výztuha zadního čela je navržena jako výlisek z hliníkového plechu, který slouží především jako výztuha pro uchycení zadního čela a zadního profilu. Materiál plechu je EN AW 6082 T651 s tloušťkou 2 mm. Hmotnost je 983,1 g.



Obr. 96: Výztuha zadního čela

Spojka profil C sloupek – zadní profil (pravá, levá)

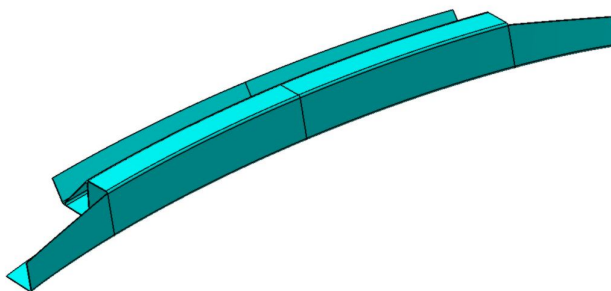
Tato spojka je navržena jako hliníkový odlitek z materiálu EN AW 5754, který má hmotnost 925,24 g. Minimální tloušťka stěny jsou 2 mm. Tato spojka umožňuje spojení dvou profilů. Profil C sloupku je do spojky vsazen a přivařen a poté je spojka přiložena k zadnímu profilu do daného místa a převařená.



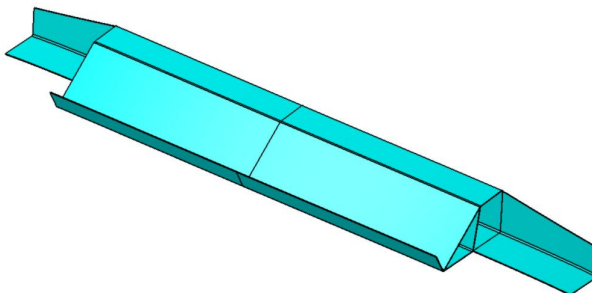
Obr. 97, 98: Spojka profil C sloupek – zadní profil levá

Zadní příčník

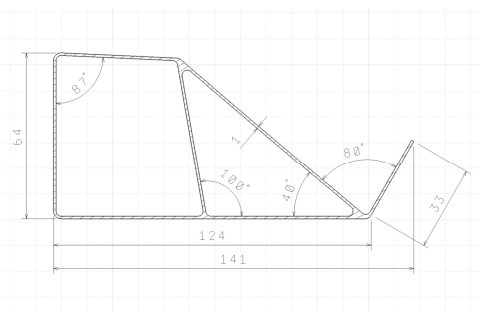
Hliníkový tažený profil, který je na koncích upravený pro zajištění spoje se závěsy pátých dveří. Jedná se o materiál EN AW 6082 T651. Tloušťka stěn je 1 mm. Délka neupraveného profilu je 890 mm. Hmotnost zadního příčníku je 793,07 g. Ke koncům ze spodu přivařené spojky a na vrchní části bude přilepený skelet z organoplechu.



Obr. 99: Zadní příčník (vnitřní pohled)



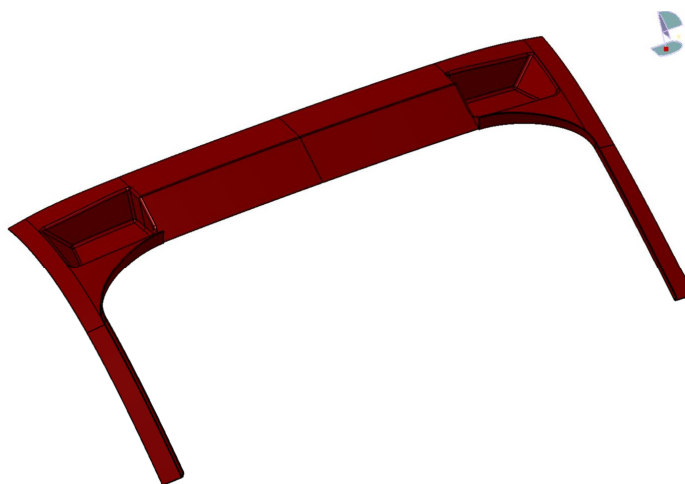
Obr. 100: Zadní příčník (vnější pohled)



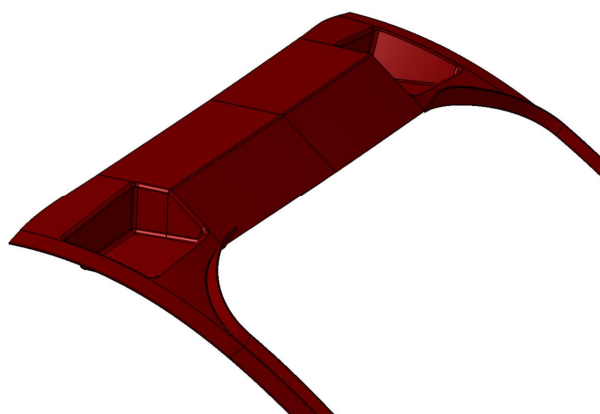
Obr. 101: Řez zadním příčníkem

Spojka zadní příčnick

Poslední součást tvořená z organoplechu (TEPEX@dynalite 102-RGUD600(x)/47%). Zde je tloušťka stěny 2 mm. Tento díl drží zadní příčnick pomocí technologie lepení a navíc s využitím šroubového spoje, kterým jsou přišroubovány závěsy pátých dveří. Nemá žebrování, jako ostatní díly z organoplechu, ale dvě „kapsy“ pro již zmíněné závěsy. O výztuhu celku se stará zadní příčnick, který je téměř po celé ploše přilepen ke spodní části spojky. Hmotnost je 1045,21 g.



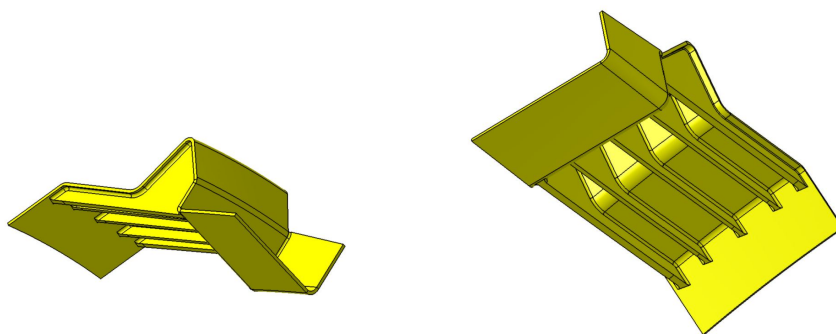
Obr. 101: Spojka zadní příčnick (celkový pohled)



Obr. 102: Spojka zadní příčnick (pohled na kapsy a lem pro těsnící gumu)

Spojka zadní příčnick spodní (pravá, levá)

Jedná se o spojku, která je poslední spojovací člen zadního příčnicku z důvodu lepšího provázání zadní části vozu. Propojuje zadní příčnick se střešním profilem. Tato spojka je odlitá z hliníkového materiálu EN AW 5754. Minimální tloušťka stěny je 1 mm, tloušťka žeber je 1,5 mm a hmotnost celé součásti je 57,19 g.



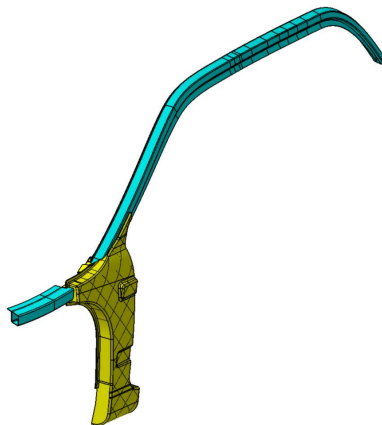
Obr. 103, 104: Spojka zadní příčnick spodní levá

5.2. Postup montáže karoserie

V několika krocích předvedu, jak by postupovala montáž karoserie při stavbě vozidla Swellak.

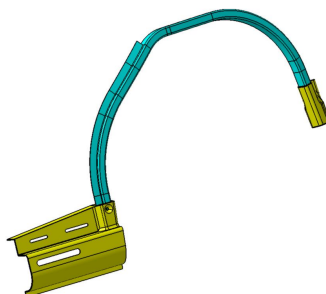
V první fázi se připraví svařené podsestavy pro přípravu bočnice karoserie, která se bude připojovat k platformě.

Přivaření předního profilu a střešního profilu k vnějšímu dílu A sloupku a následně přivaření i vnitřního dílu.



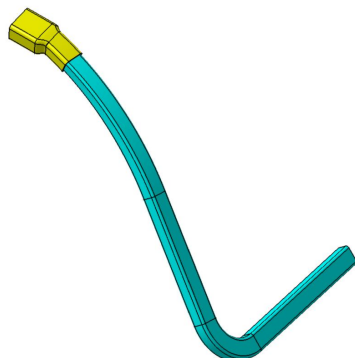
Obr. 105: Podsestava A sloupku levá

Druhá svářená podsestava je z dílů patka C sloupku, profilu C sloupku a spojky profil C sloupek – střešní profil dle obr. 106.



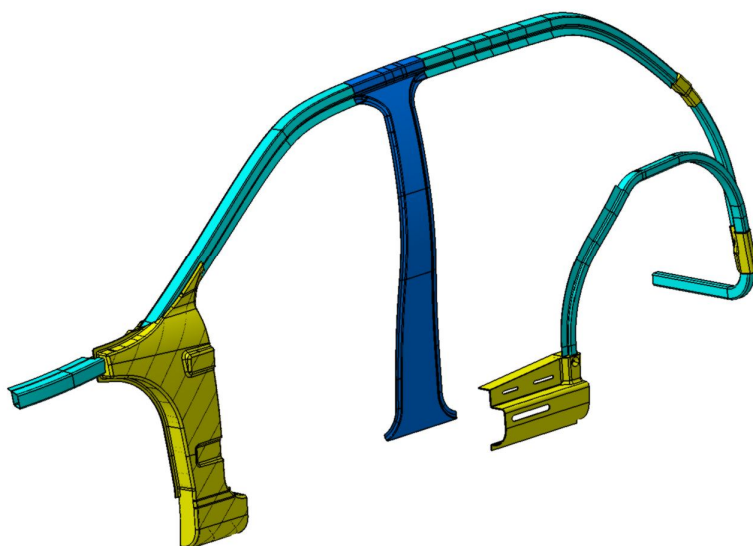
Obr. 106: Podsestava profilu C sloupku levá

Poslední podsestava, která bude využita pro stavbu bočnice. K zadnímu profilu je přivařená spojka střešní profil – zadní profil.



Obr. 107: Podsestava zadního profilu levá

Všechny dosavadní podsestavy budou následně k sobě svařeny a přidá se ještě vnitřní díl B sloupku, který bude přilepen (možnost přivaření pomocí technologie CMT). Celá tato sestava bude ukotvena ve svařovacím a montážním přípravku.

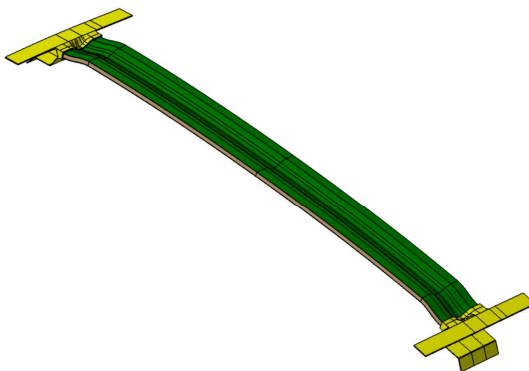


Obr. 108: Bočnice karoserie levá

K dalším podsestavám, které budou využity pro stavbu karoserie, patří jednotlivé střešní příčnící, které budou následně připojené k bočnicím.

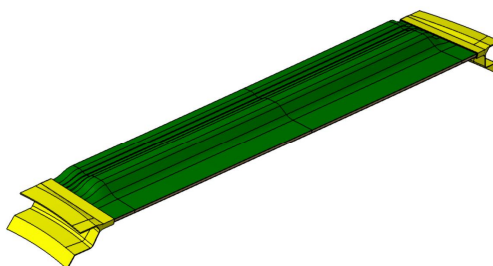
Podsestavy, kde figurují příčnící ze sendviče, budou spojovány stejnou technologií. Spojky budou nasazeny na konce příčnící. V otvoru spojky, kde bude docházet k lepenému spoji bude nanesené lepidlo a následně se do toho otvoru zastrčí příčnící. Pro oba příčnící je technologie lepení stejná.

K B příčnící se přilepí spojky B příčnící – střešního profilu.



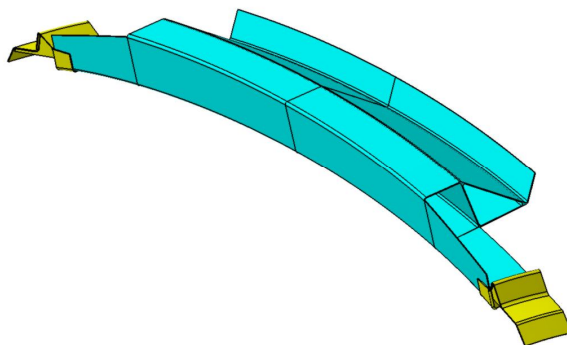
Obr. 109: B příčníc se spojkami

K příčnící čelní sklo – střecha budou přilepeny spojky příčnící čelní sklo – střecha.



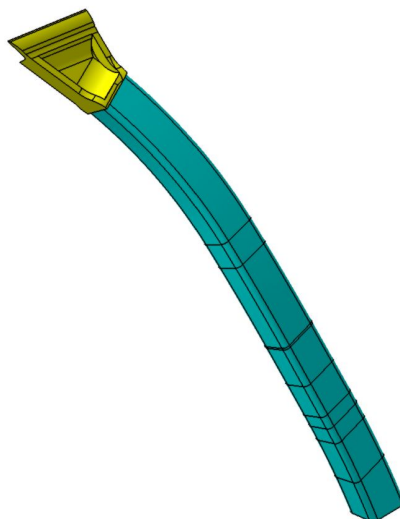
Obr. 110: Příčníc čelní sklo – střecha se spojkami

Na zadním příčnίκu se již o technologii lepení jednat nebude, tyto spojky (Spojka zadní příčníc spodní) budou ke koncům příčnίκu přivařeny.



Obr. 111: Zadní příčníc se spojkami

Poslední podsestava je spojení spojky C sloupek – střešní profil s C sloupkem, která bude ve fázi před samotnou montáží karoserie. Tato spojka je vložena do profilu, kde je následně přivařená.

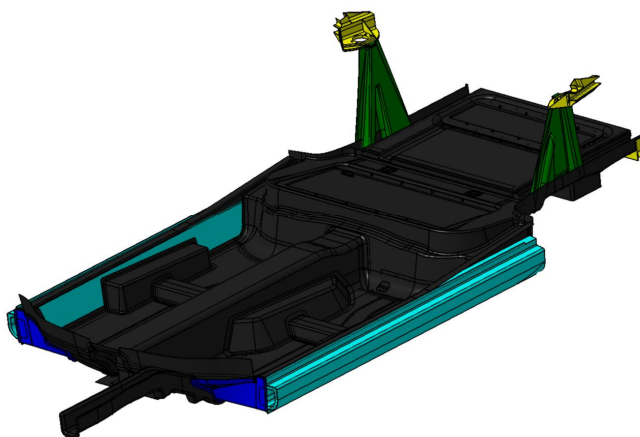


Obr. 112: C sloupek se spojkou

Postup samotné montáže ukázán v několika krocích.

1. krok

K připravené platformě se přivaří pomocí technologie CMT spojka zadního profilu – platformy, následně podpora držáku tlumiče se samotným držákem tlumiče. Výztuha A sloupku bude přivařena klasickou odporovou (bodovou) metodou. Práh je přivařen k platformě i výztuze A sloupku technologií CMT, alternativou může být i technologie lepení.

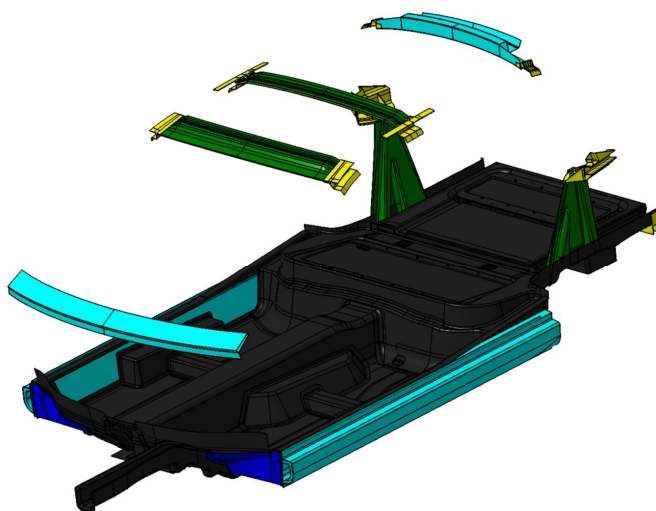


0,114

Obr. 113: Karoserie po 1. kroku montáže

2. krok

Ve druhém kroku se připraví podstavy příčníků a přední příčník.

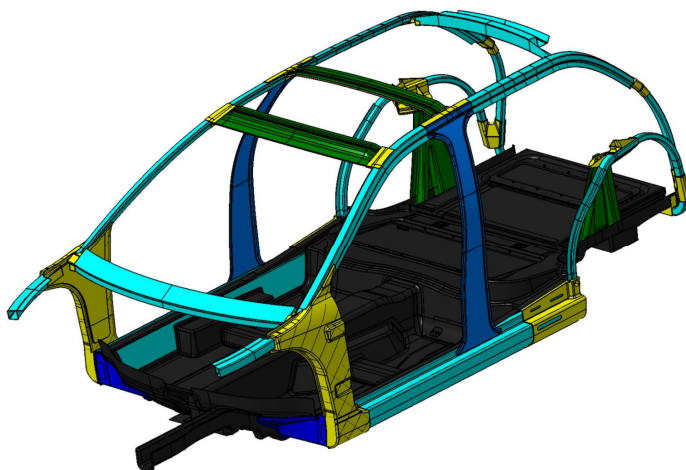


0,114

Obr. 114: Karoserie po 2. kroku montáže

3. krok

V tomto kroku dochází k připojení bočnic, které ve všech spojích jsou přivařeny. Kromě vnitřního dílu B sloupku k prahu, kde dochází k lepenému spoji z důvodu spojení ocele s hliníkem, alternativou může být svaření pomocí technologie CMT, která tyto materiály umožňuje svářet.

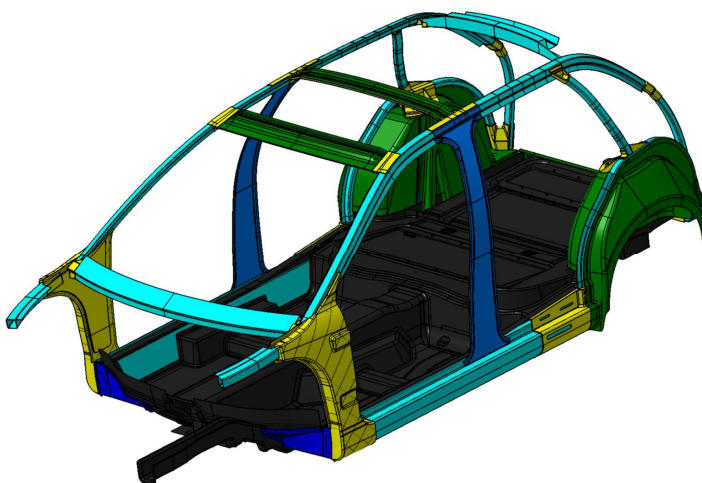


0,114

Obr. 115: Karoserie po 3. kroku montáže

4. krok

Zde přicházejí na řadu zadní podběhy s přivařenými záslepkami, které budou přilepeny k profilu C sloupku, patce C sloupku, spojce profilu C sloupku-zadního profilu, držáku tlumiče i podpoře a platformě. Dále bude přivařena k zadní části platformy výztuha zadního čela. Jako poslední část montáže v tomto kroku bude přivařena podsestava C sloupku se spojkou k připravenému otvoru v držáku tlumiče a střešnímu profilu.

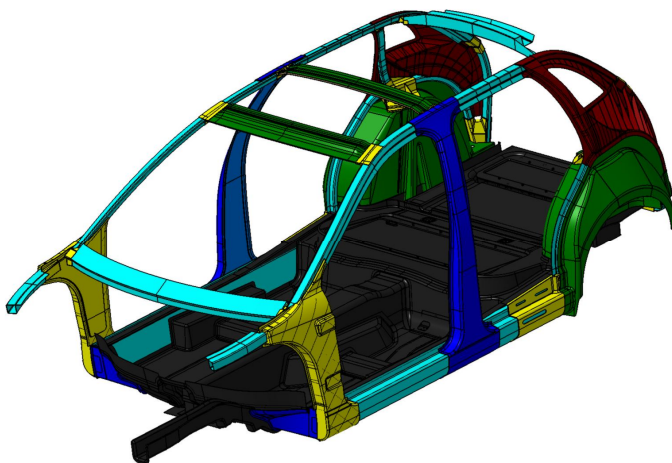


0,114

Obr. 116: Karoserie po 4. kroku montáže

5. krok

V předposledním kroku se bude jednat o přilepení C D monobloků dle obrázků. Přilepeny budou i vnější díly B sloupků. Dotekové (lepené) plochy u jsou znázorněny ve výkresech s čísly výkresu DP-00-02 (C D monoblok) a DP-00-03 (B sloupek vnější).

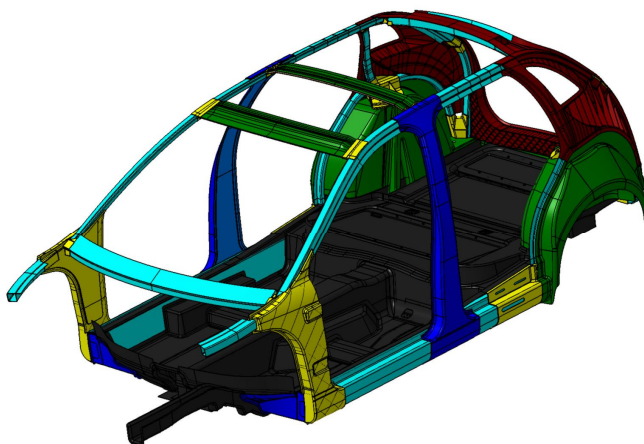


0.114

Obr. 117: Karoserie po 5. kroku montáže

6. krok

V posledním šestém kroku budou přilepeny dvě poslední součásti v zadní části karoserie, což jsou zadní čelo a spojka zadního příčnicku.



0.114

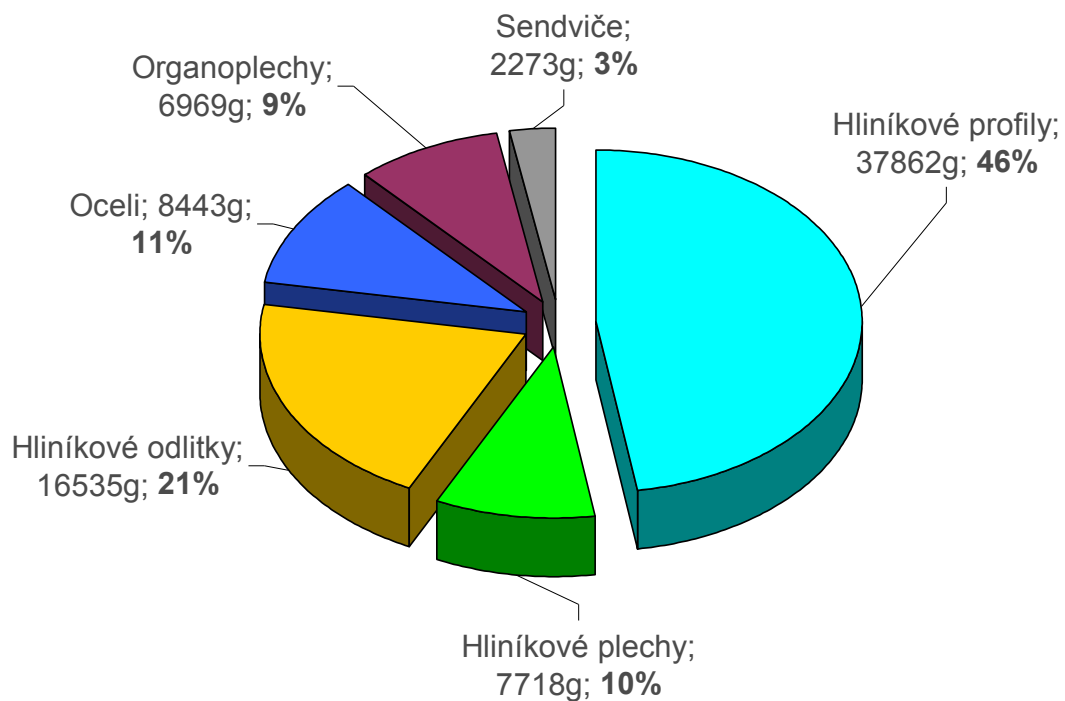
Obr. 118: Karoserie po 6. kroku montáže

V dalších krocích by mohly být přilepeny postranice se střechou, FRONT-ENDová maska, přední podběhy (přivařené) a další díly.

5.3. Shrnutí hmotností

			hmotnost [g]	hmotnost z celku
práh nosný	levý	tvar	5275	6,61%
		pěna	7706	9,66%
	pravý	tvar	5275	6,61%
		pěna	7706	9,66%
A sloupek	levý	vnější	2850	3,57%
		vnitřní	884	1,11%
	pravý	vnější	2850	3,57%
		vnitřní	884	1,11%
střešní profil	levý		2175	2,73%
	pravý		2175	2,73%
B sloupek	levý	vnější	2662	3,34%
		vnitřní	1088	1,36%
	pravý	vnější	2662	3,34%
		vnitřní	1088	1,36%
Profil C sloupek	levý		1119	1,40%
	pravý		1119	1,40%
C D monoblok	levý		884	1,11%
	pravý		884	1,11%
Patka C sloupku	levý		1716	2,15%
	pravý		1716	2,15%
Držák tlumiče	levý		1015	1,27%
	pravý		1015	1,27%
Podpora držáku tlumiče	levý		748	0,94%
	pravý		748	0,94%
Zadní profil	levý		732	0,92%
	pravý		732	0,92%
Spojka zadní profil - profil C sloupek	levý		925	1,16%
	pravý		925	1,16%
Spojka podélný profil - zadní profil	levý		277	0,35%
	pravý		277	0,35%
Zadní čelo			4157	5,21%
B příčník	vrchní plech		231	0,29%
	spodní plech		230	0,29%
	jádro		717	0,90%
Příčník čelní okno - střeška	vrchní plech		251	0,31%
	spodní plech		250	0,31%
	jádro		594	0,74%
Zadní příčník			793	0,99%
Přední příčník			1440	1,80%
C sloupek	levý		332	0,42%
	pravý		332	0,42%
Spojka příčník čelní okno - střešní profil	levý		118	0,15%
	pravý		118	0,15%
Spojka B příčník - střešní profil	levý		115	0,14%
	pravý		115	0,14%
Spojka zadní profil - platforma	levý		124	0,16%
	pravý		124	0,16%
Výztuha zadního čela			983	1,23%
Profil přední	levý		474	0,59%
	pravý		474	0,59%
Spojka C sloupek - střešní profil	levý		188	0,24%
	pravý		188	0,24%
Spojka zadní příčník			1045	1,31%
Výztuha A sloupku	levý		472	0,59%
	pravý		472	0,59%
Spojka zadní příčník spodní	levý		57	0,07%
	pravý		57	0,07%
Zadní podběh	levý	vnější	990	1,24%
		vnitřní	1568	1,96%
	pravý	vnější	990	1,24%
		vnitřní	1568	1,96%
Záslepka	levý		62	0,08%
	pravý		62	0,08%
Celék			79801	100,00%

Obr.119 ukazuje součet hmotností jednotlivých dílů z různých materiálů využitých při stavbě karoserie a jejich hmotnostní podíl v karoserii.



Obr. 119:Diagram rozložení hmotností

Z výše uvedeného obrázku je patrné, že dochází u mé stavby karoserie k redukci hmotnostního podílu ocelových dílů na 11%. Současné standardní karoserie mají hmotnostní podíl oceli řádově 90%. Ocel je nahrazena především hliníkovými slitinami jejichž hmotnostní podíl je 77%. Organoplechy tvoří 9% a sendviče 3% hmotnostního podílu karoserie.

6. Hodnocení

Původní karoserie vozu Swellak neexistuje. Z tohoto důvodu byla použita pro porovnání karoserie přibližně stejných rozměrů. Obdobně velká vozidla mají hmotnost karoserie v rozmezí 140 až 160 kg s postranicemi a střechou. Jelikož v mém případě postranice a střecha prozatím neexistují, proto jsem musel využít odhad této hmotnosti. Standardní postranice a střecha z ocelového plechu váží od 10 kg do 15 kg. Pokud by bylo využito v konstrukci těchto dílů lehkých slitin hliníku, popřípadě kompozitních materiálů, lze předpokládat dle mého názoru snížení hmotnosti na cca 8 kg.

Celek [g]		79801
Odhad:		
Postranice [g]	levá	8000
	pravá	8000
Střecha [g]		8500
Celek s postranicema a střechou [g]		104301
	rozmezí	volba
Referenční klobouk [g]	140000 160000	140000
Odlehčení [%]	25,50	

7. Závěr

Cílem této diplomové práce bylo vytvoření konceptu stavby karoserie s využitím inovativních materiálů a technologií spojování. Základem pro návrh nových přístupů ve stavbě karoserie se stala designová studie vozidla Swellak od konstrukční firmy Swell, s.r.o.

Dle zadání se jednalo o svařenou karoserii, což je zavedený pojem v automobilovém průmyslu pro nosný skelet karoserie s postranicemi a střechou. Na svařovanou karoserii navazuje karoserie okovaná, která zahrnuje montované součásti, jako jsou dveře, kapoty, víka a další.

V úvodu práce jsem provedl rozbor rozdělení jednotlivých materiálů (klasických i alternativních) a spojovacích technologií, které se v automobilovém průmyslu využívají. Postupně jsem jednotlivé materiály popsal a uvedl některé příklady využití v konstrukci vozidla. V současnosti je nejrozsáhlejší konstrukční materiál pro stavbu karoserií ocel, což neplatí u lehkých karoserií a elektromobilů, kde základem pro stavbu karoserií jsou materiály na bázi hliníkových slitin. Pro sportovní, supersportovní a závodní vozidla se v současnosti začínají využívat výhradně kompozitní materiály, díky své nízké hmotnosti a vysoké tuhosti.

Standardně se pro spojování stejných materiálů používá svařování, které může být bodové nebo obloukové. Nové možnosti ve stavbě karoserie otvírá technologie CMT, která umožňuje spojování dvou různých materiálů, jako například ocelí se slitinami hliníku. Jinak ke spojování různých materiálů se používají spojení za studena, např. klinčování, nýtování, šroubování nebo lepení.

Na základě vlastního porovnání hmotnosti již vyráběných lehkých karoserií, jako jsou celohliníkové karoserie ASF u vozidel Audi nebo kompozitové karoserie (Lamborghini Aventador) jsem provedl výběr materiálů, které by měly mít přínos k mé konstrukci karoserie pro design vozidla Swellak. Vybíral jsem především hliníkové slitiny, kompozitní materiály a sendviče pro základní stavbu. Vysokopevnostní oceli jsem využil při návrhu velmi namáhaných dílů karoserie (B sloupek, výztuha A sloupku).

Výsledný koncept karoserie jsem vymodeloval v programu Catia V5R19. Zde jsem postupoval dle daných pravidel umožňující automatizaci montáže. To znamená, že jsem respektoval pohyb součástí před jejich spojením v základních osách souřadného systému x, y, z. Mnou navržená konstrukce karoserie je obdobné koncepce, jako jsou současné koncepce karoserií.

V práci jsem uvedl pro všechny navrhované díly jejich rozměry, hmotnosti, technologické zpracování a materiály. Každý díl má popsanou i minimální tloušťku stěny, především u odlitků z hliníkových slitin, ostatní kovové díly mají konstantní tloušťku stěny. Díly z kompozitního materiálu (organoplech) mají uvedenou konstantní tloušťku skořepiny a minimální tloušťku vyztužujících žeber. Profily složitějšího tvaru jsou doplněny v obrázku okótovaným řezem. Všechny tyto díly jsou barevně odlišeny dle použitého materiálu.

V práci jsem popsal teorii postupu montáže, kterou jsem rozdělil v šesti hlavních krocích. Jednotlivé kroky jsou doplněny náhledy. Postup montáže respektuje technologii spojování.

V závěru diplomové práce jsem provedl porovnání mého konceptu karoserie. Pro porovnání jsem použil rozměrově srovnatelnou ocelovou svařovanou, u které je hmotnost v rozmezí 140 až 160 kg. Na základě odhadu hmotnosti postranic a střechy následně vychází úspora hmotnosti v rozmezí 25 až 35%.

Na mou diplomovou práci mohou navazovat práce spojené s detailním domodelováním karoserie včetně postranic a střechy. A tím související výpočty tuhosti karoserie a nárazové zkoušky.

8. Zdroje

- [1] ... Apetaur, M., Šimon, M.: Basic mechanics of car-body design.
Vydáno ČVUT Praha 2010
- [2] ... Vlk, F.: Karoserie motorových vozidel. Nakladatelství vydavatelství
Vlk, Brno 2000
- [3] ... Najvar, Petr: Snižování hmotnosti osobních automobilů na základě
volby materiálů, Bakalářská práce, Vysoké učení technické
v Brně, Brno 2009
- [4] ... Podklady společnosti Swell, spol. s.r.o.
- [5] ... internetové stránky:
http://www.automobilrevue.cz/rubriky/novinky/lamborghini-aventador-lp700-4-novy-dvanactivalec_40075.html
- [6] ... internetové stránky společnosti Metawell:
<http://www.metawell.de/en/products/semi-finished-panels/product-range/>
- [7] ... internetové stránky společnosti Böllhoff:
http://www.boellhoff.cz/cs/cz/oborova_reseni/automobilovy.php
- [8] ... internetové stránky: <http://www.mmspektrum.com/clanek/clinching-prinasi-moznosti-spojovani-plechu-za-studena.html>
- [9] ... internetové stránky: <http://www.mmspektrum.com/clanek/metalurgicke-obloukove-spojovani-oceli-s-hlinikem.html>
- [10] . internetové stránky: <http://www.mmspektrum.com/clanek/vyrobky-z-hlinikove-peny.html>
- [11] . internetové stránky firmy Inrekor Ltd.: <http://www.inrekor.com>
- [12] . internetové stránky firmy Bond-Laminates: <http://www.bond-laminates.de>
- [13] . internetové stránky katedry Strojírenské technologie na TUL a jejich
studijní podklady: <http://www.ksp.tul.cz/cz/kpt/obsah/info.htm>
- [14] . internetové stránky: <http://www.auto.cz/mercedes-benz-magna-vyrabet-hlinikove-karoserie-sls-amg-3536>
- [15] . internetové stránky:
http://incard.thyssenkrupp.com/4_01_000_B_Saeule.html?lang=en

9. Přílohy

Seznam použitých příloh:

Příloha č. 1:	Popis firmy Swell.....	84
Příloha č. 2:	Materiálová struktura vozu Opel Insignia	91
Příloha č. 3:	ASF karoserie Audi TT a R8	94
Příloha č. 4:	Kompozicová karoserie vozu Lamborghini Aventador LP700-4	95
Příloha č. 5:	Platforma ze sendviče Inrekor.....	96
Příloha č. 6:	Příklady použití lepidel ve voze	98
Příloha č. 7:	Nárazníky z organoplechu ve vozech BMW.....	99
Příloha č. 8:	Podrobná materiálová data	100
Příloha č. 9:	Výkresová dokumentace	102

Příloha č. 1

Popis firmy Swell

Historie firmy:

1993 – založení společnosti SWELL, spol. s r.o. jako konstrukční kanceláře v Hořicích

1999 – zahájení výroby prototypových dílů

2000 – rozšíření nabídky služeb o FEM výpočty, konstrukci a výrobu nástrojů

2003 – otevření pobočky v Mladé Boleslavi

2004 – certifikace firmy dle normy ISO 9001:2001

2005 – rozšíření portfolia firmy o zkušební laboratoř

2007 – zahájení výstavby Centra vývojových služeb

2008 – otevření Centra vývojových služeb

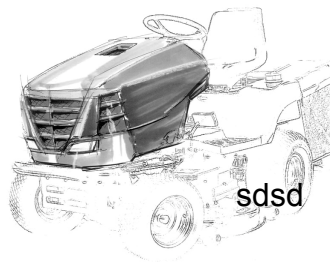


Obr. 120: Centrum vývojových služeb ^[14]

Mezi vývojové aktivity patří:

➤ Design

- designové studie, návrhy
- digitalizace z fyzických modelů i dle výkresové dokumentace
- vytváření a vyhlazování povrchových ploch dílů a celků
- zpracování modelů pohledových maket
- koncepční studie
- doplňkové studie ke zpracovávaným projektům



Obr. 121: Kryt motoru ^[14]

➤ Předvývoj

- koncepční návrhy, studie
- digitalizace z fyzických modelů i dle výkresové dokumentace
- vytváření a vyhlazování povrchových ploch plastových i plechových dílů, celků
- zpracování modelů pohledových maket
- toleranční analýzy
- kinematika mechanismů
- vypracování a překlady technické dokumentace
- rozvoj a aplikace nových postupů a řešení
- alternativní technologie



Obr. 122: Náhled podvozku ^[14]

Vývojová konstrukce

CAD konstrukce:

- 3D konstrukce dílů, celků, sestav
- vývoj plastových a plechových dílů, sestav
- kinematika mechanismů
- výkresová dokumentace (výkresy dílů, svař. Sestav)
- montážní listy
- explozivní výkresy, listy
- technologické optimalizace
- vypracování a překlady technické dokumentace
- tvorba výpočtových modelů



Obr. 123: Karoserie ^[14]

Prototypové díly:

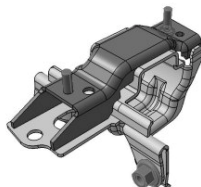
- nástroje a přípravky pro lisování prototypových dílů
- prototypové díly tažené z plechu numerické simulace procesu hlubokého tažení plechů s predikcí kritických míst



Obr. 124: Prototypové díly ^[14]

➤ Stavba prototypů

- vývoj a stavba prototypů
- vývoj a výroba ustavovacích a montážních přípravků
- vývoj a výroba montovaných skupin především z plechových dílů



Obr. 125: Ukázka prototypu ^[14]

➤ Provozní zkoušky

- mechanické zkoušky
- vibrační zkoušky
- klimatické zkoušky
- ostatní zkoušky

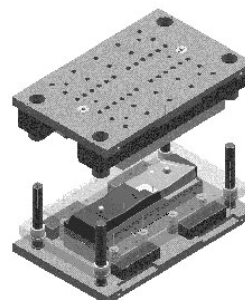


Obr. 126: Část zkoušení výrobků ^[14]

➤ Lisovací nástroje a přípravky

Konstrukce:

- vývoj a konstrukce lisovacích nástrojů na plechové díly, lisované pomocí transferových nebo postupových nástrojů s tažnými a střížnými operacemi.
- numerické simulace procesu hlubokého tažení plechů s predikcí kritických míst
- vývoj a konstrukce montážních a seřizovacích přípravků pro montáž dílů do vyšších celků
- vývoj a konstrukce kontrolních přípravků pro kontrolu výroby nebo montáže dílů
- vývoj a konstrukce speciálních přípravků dle zadané specifikace



Obr. 127: Lisovací nástroj ^[14]

Výroba:

- výroba vývojových postupových nebo transferových lisovacích nástrojů pro produkci plechových dílů s tažnými a střížnými operacemi
- výroba vývojových montážních a seřizovacích přípravků pro montáž dílů do vyšších celků
- výroba vývojových kontrolních přípravků pro kontrolu výroby nebo montáže dílů
- výroba speciálních přípravků a zařízení dle předané technické dokumentace

Mezi konstrukční moduly patří:

➤ Vnější povrch

- zpracování podkladů pro vývoj, koncepční návrhy, náměty úprav
- frézování data-control modelů nebo pohledových maket
- digitalizace, tvorba scan modelů a jejich následné zpracování



Obr. 128: Škoda Joyster ^[14]

Projekt: koncepční práce na modelech Showcar SKODA

➤ Svařovaná karoserie

- zpracování kompletní dokumentace karoserie od konceptu až po SOP (= Start of Production)
- kompletní svařovací sestavy, výkresy dílů
- výkresová dokumentace
- zpracování montážních listů PDM, explosivní výkresy, vypracování technické specifikace dílu „lastenheft“
- toleranční analýzy, váhové analýzy, materiálové analýzy
- **Projekt:** Fabia Combi, Octavia Combi II, Škoda OCTAVIA POLICIE, Škoda OCTAVIA TAXI

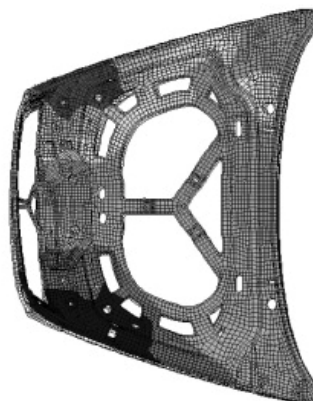


Obr. 129: Karoserie ^[14]

➤ Dveře a víka

Komplexní vývoj: Přední kapota, Boční dveře , Zadní víko

- konstrukce sestav
- skladba dílů
- řešení kinematiky
- statická a dynamická tuhost
- ochrana chodců
- validace fyzickými zkouškami
- prototypy
- nové koncepce otvírání
- využití nových materiálů



Obr. 130: Přední kapota Octavie II ^[14]

Projekt: ŠKODA Fabia, Octavia, Octavia, Roomster, Super

➤ Plastové části karoserie

Mřížka, Kryt vodního kanálu, Nárazníky, Podběhy, Lapače nečistot

- vývoj od konceptu až po finální data pro dodavatele plastových dílů
- analýza teplotní roztažnosti plastových dílů, toleranční analýzy
- úpravy ALLROAD a SCOUT

➤ Interiér

Sedačky, Přístrojová deska, Dveřní výplně, Obložení zavazadlového prostoru, Obložení sloupku

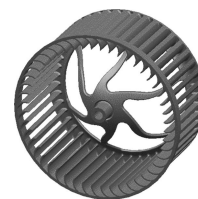
- ochrana posádky
- náraz zavazadel

Projekty: Škoda, Audi, VW

➤ Agregát

Topení , Klimatizace

- vývoj jednotlivých dílů



Obr. 131: Těleso ventilátoru v klimatické jednotce ^[14]

➤ Podvozek

- posouzení vlivu nastavení podvozku na komfort jízdy
- zatížení karoserie a životnost vozu
- simulace jízdních manévřů
- simulace zkoušek vozu na zkušebním stavu

➤ Další moduly vozu

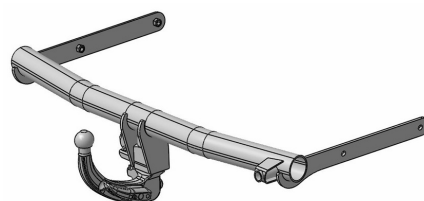
Zasklení, Střešní nosič, Tažné zařízení

- konstrukce
- koncepční výkresy
- pohledové makety
- životnost
- toleranční analýzy
- fyzické zkoušky

Projekty: ŠKODA Fabia, Octavia



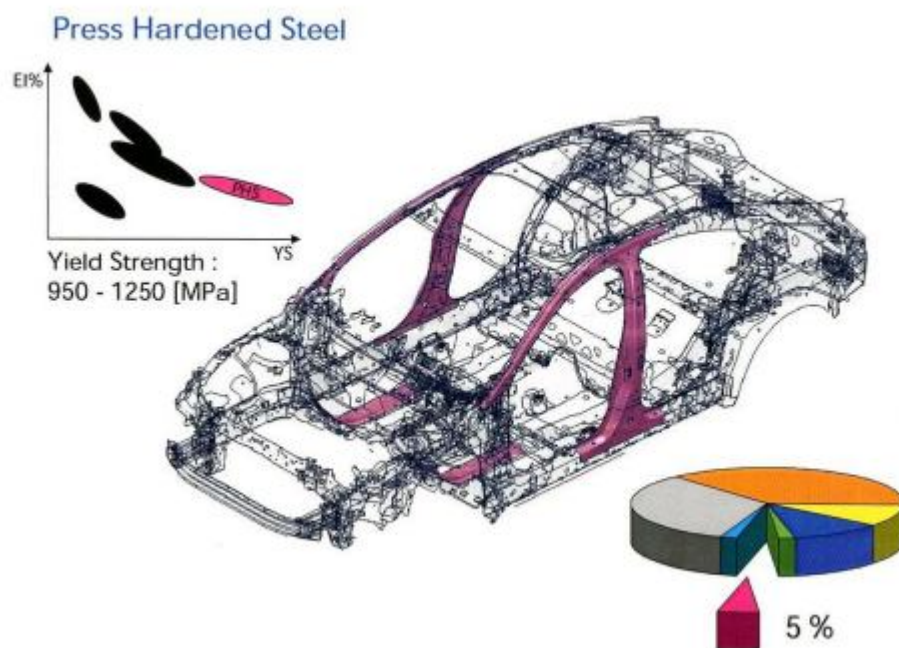
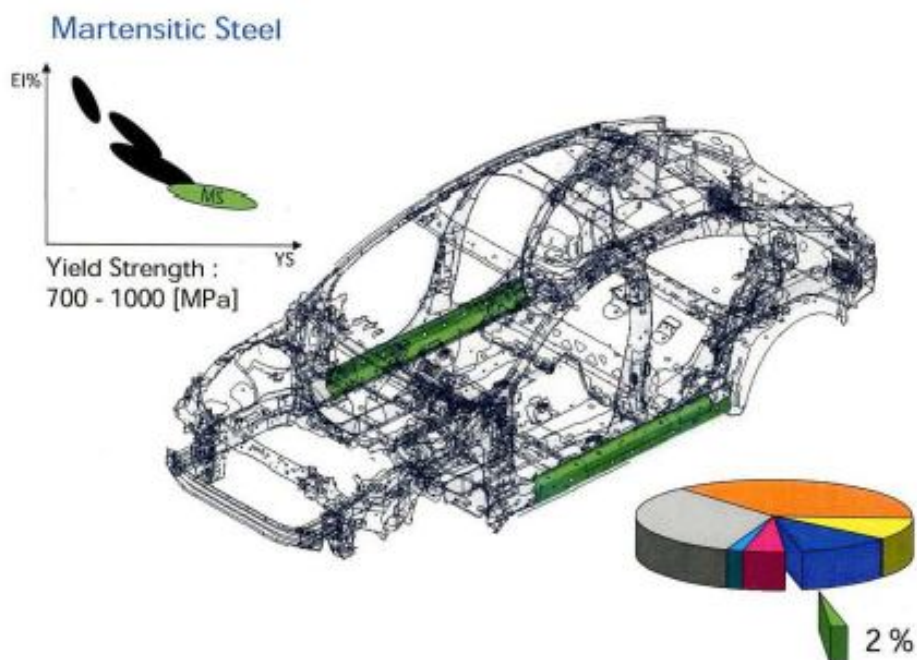
Obr. 132: Čelní sklo ^[14]



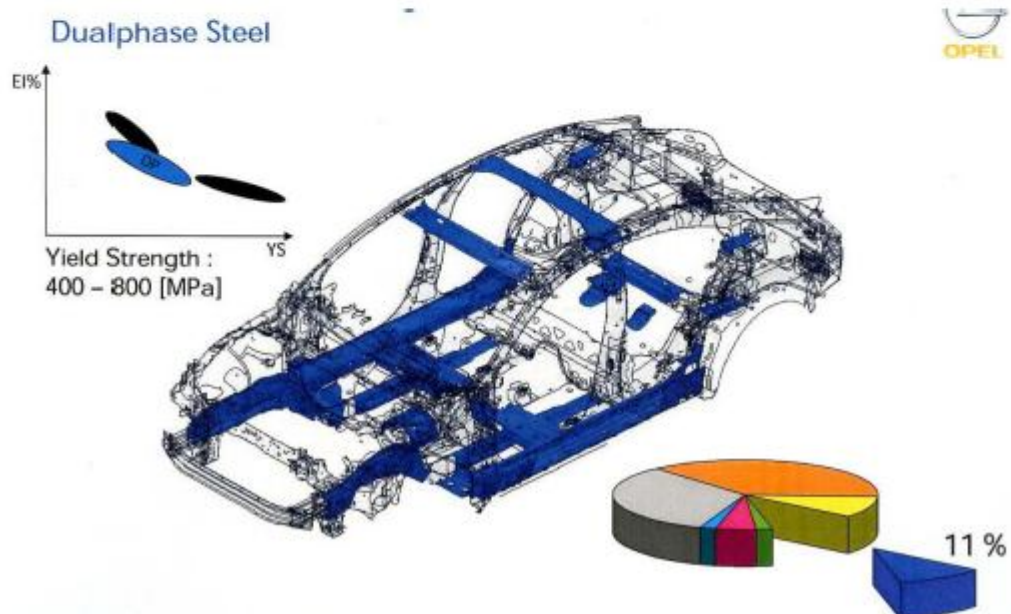
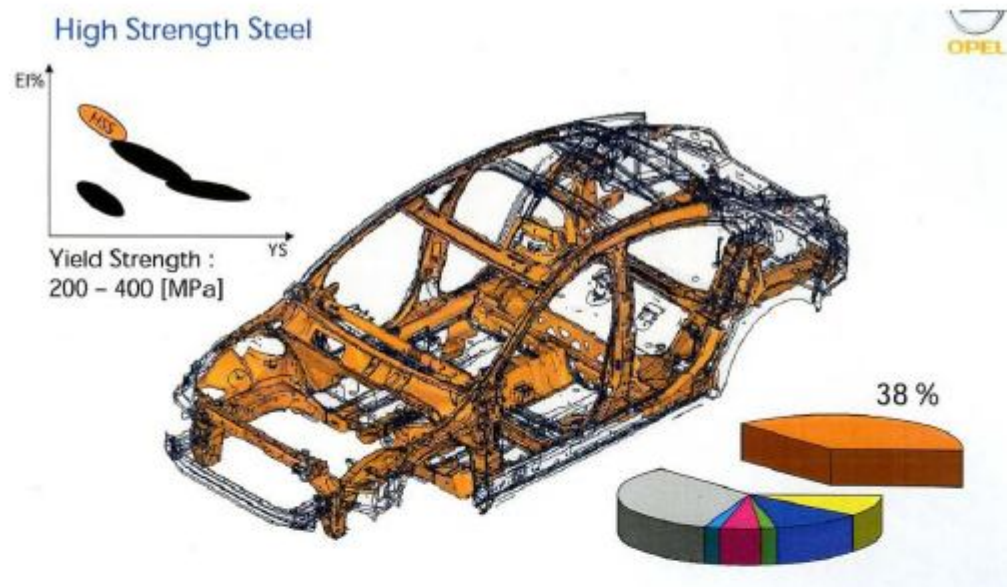
Obr. 133: Tažné zařízení ^[14]

Příloha č. 2

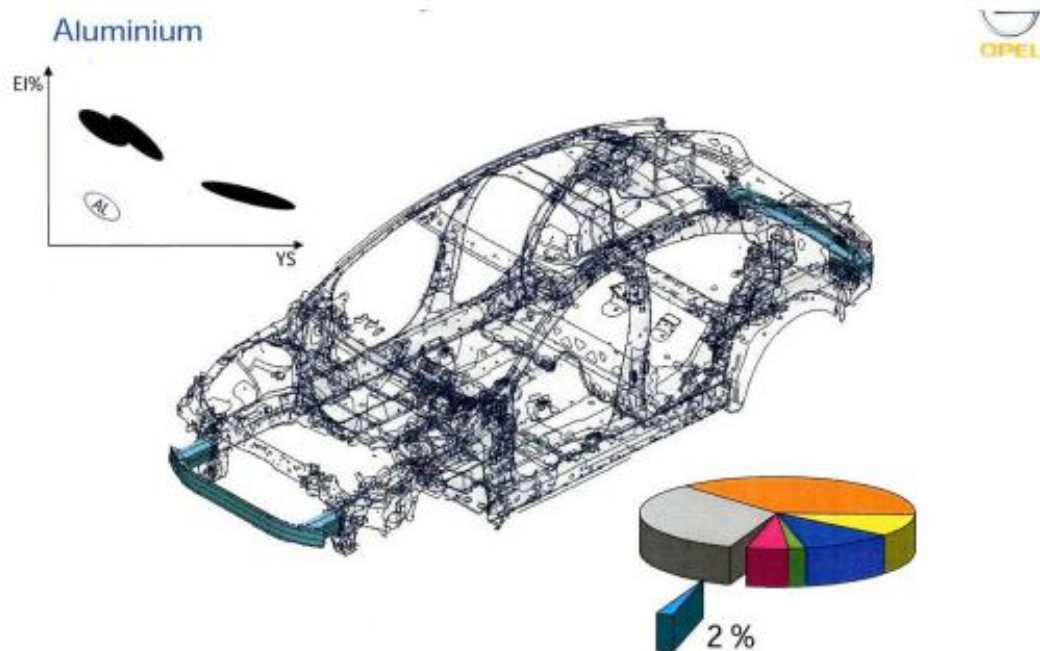
Materiálová struktura vozu Opel Insignia



Obr. 134, 135: Rozložení materiálů Opel Insignia ^[1]



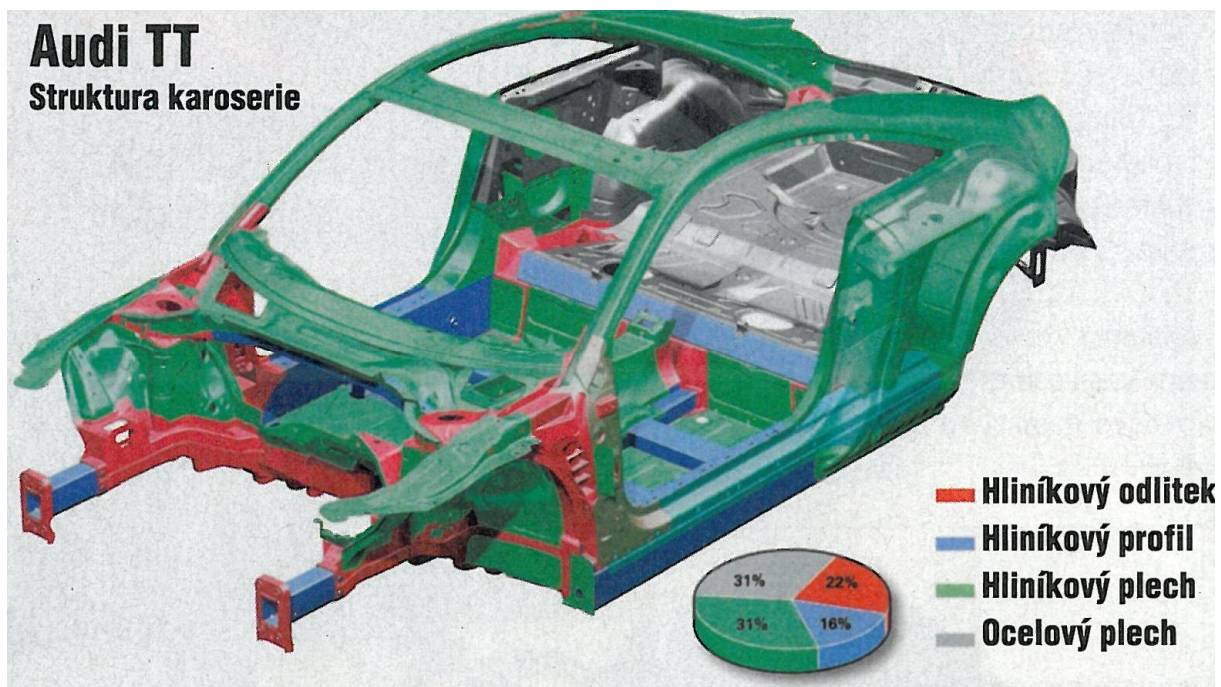
Obr. 136, 137: Rozložení materiálů Opel Insignia ^[1]



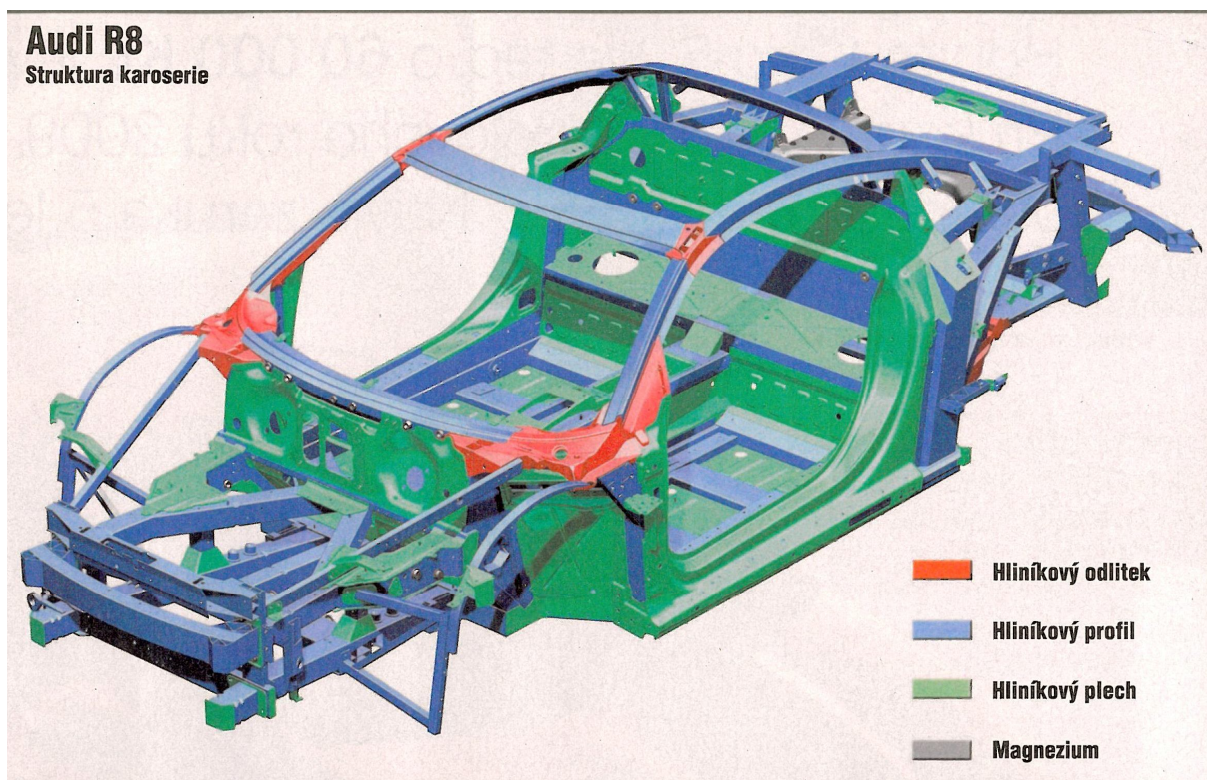
Obr. 138: Rozložení materiálů Opel Insignia ^[1]

Příloha č. 3

ASF karoserie Audi TT a Audi R8



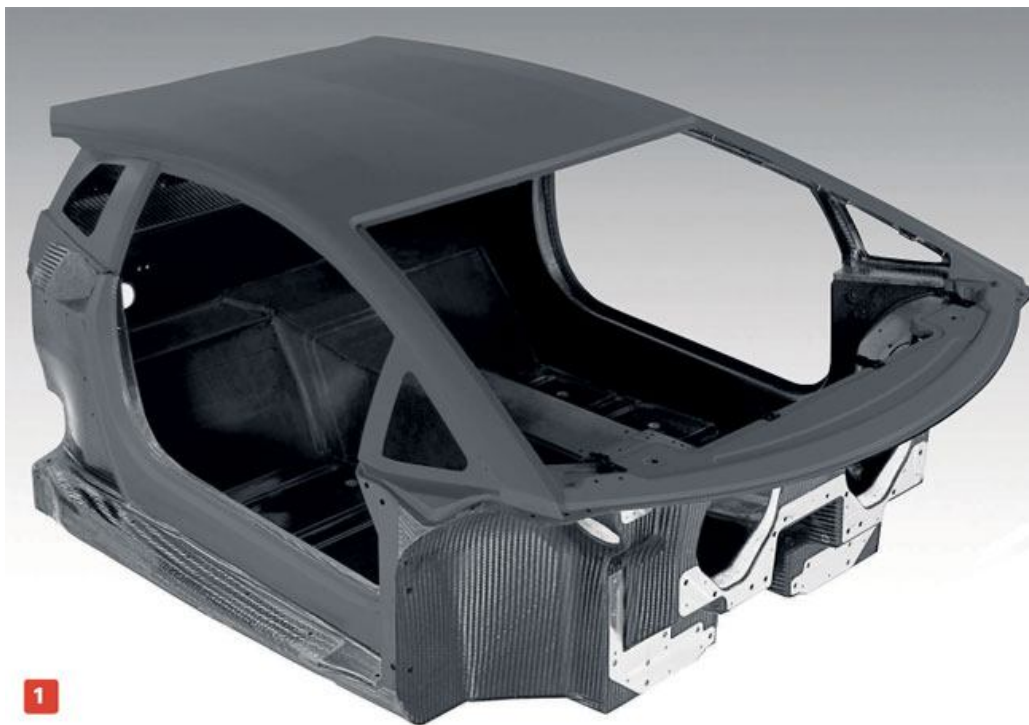
Obr. 139: Rozložení materiálů Audi TT ^[4]



Obr. 140: Rozložení materiálů Audi R8 ^[4]

Příloha č. 4

Kompozicová karoserie vozu Lamborghini Aventador LP700-4



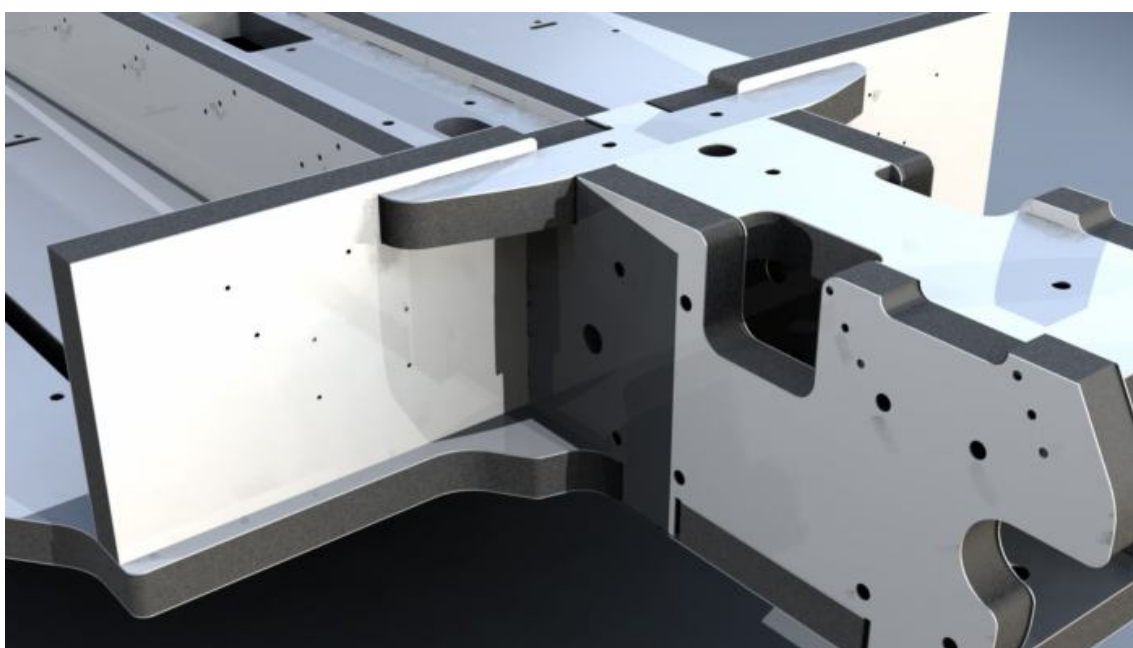
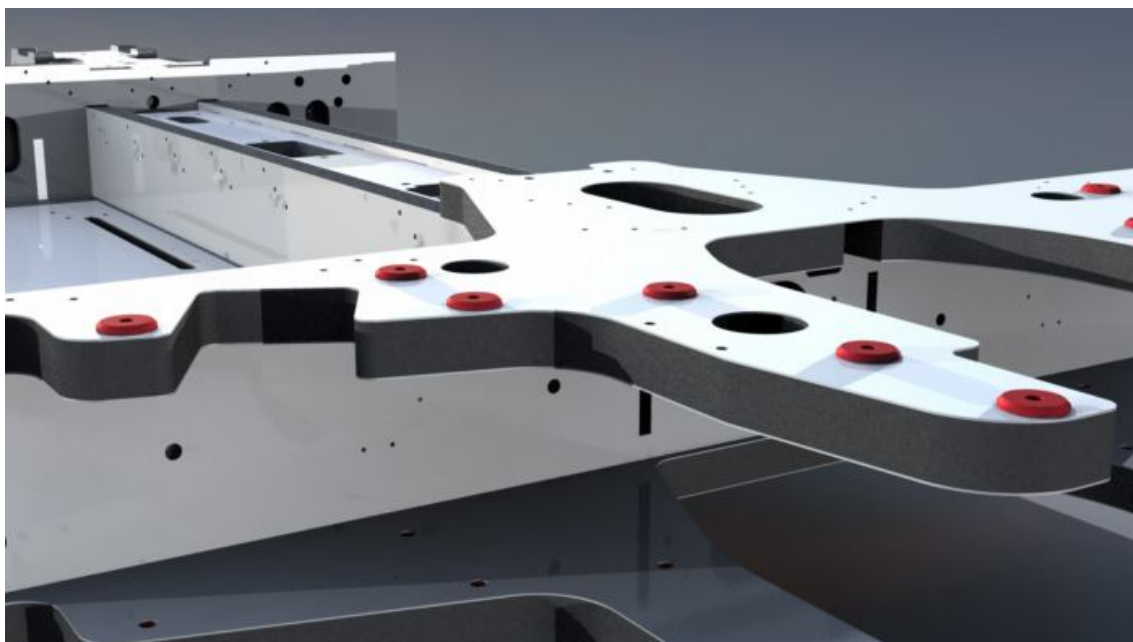
Obr. 141: Nosná část karoserie sportovního automobilu Lamborghini Aventador LP700-4 ^[5]



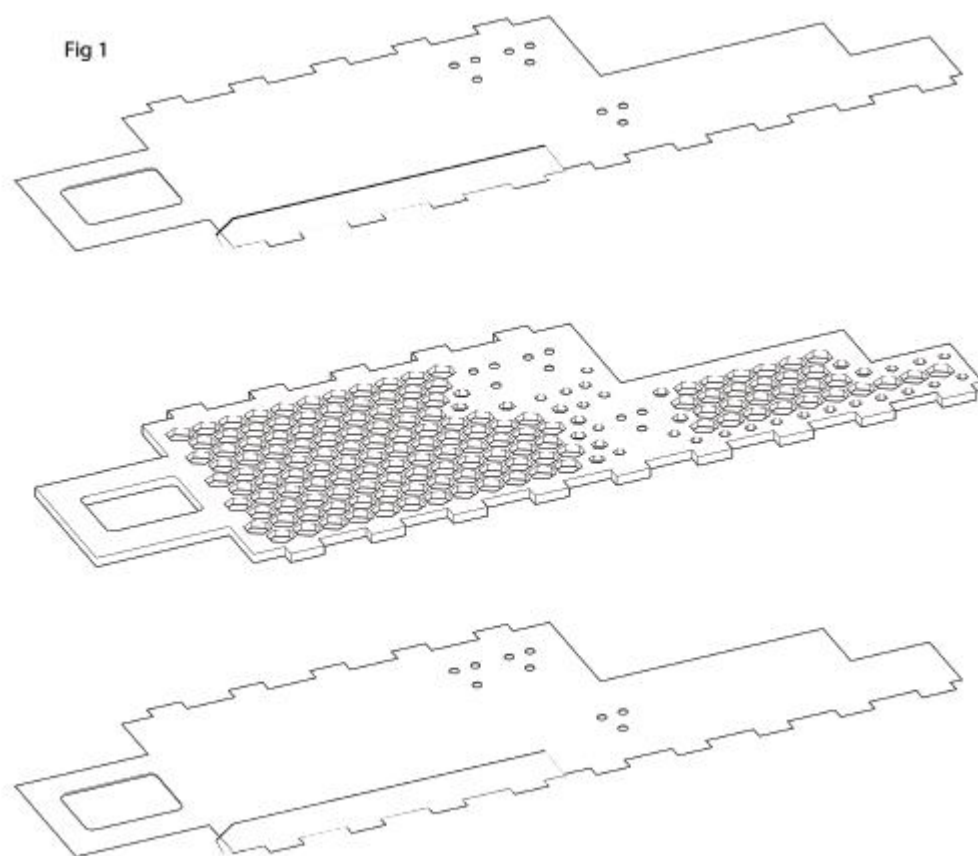
Obr. 142: Celkový pohled na nosnou část karoserie z uhlíkových kompozitů a přední a zadní prostorový rám z hliníkových slitin automobilu Lamborghini Aventador LP700-4 ^[5]

Příloha č. 5

Platforma ze sendviče Inrekor



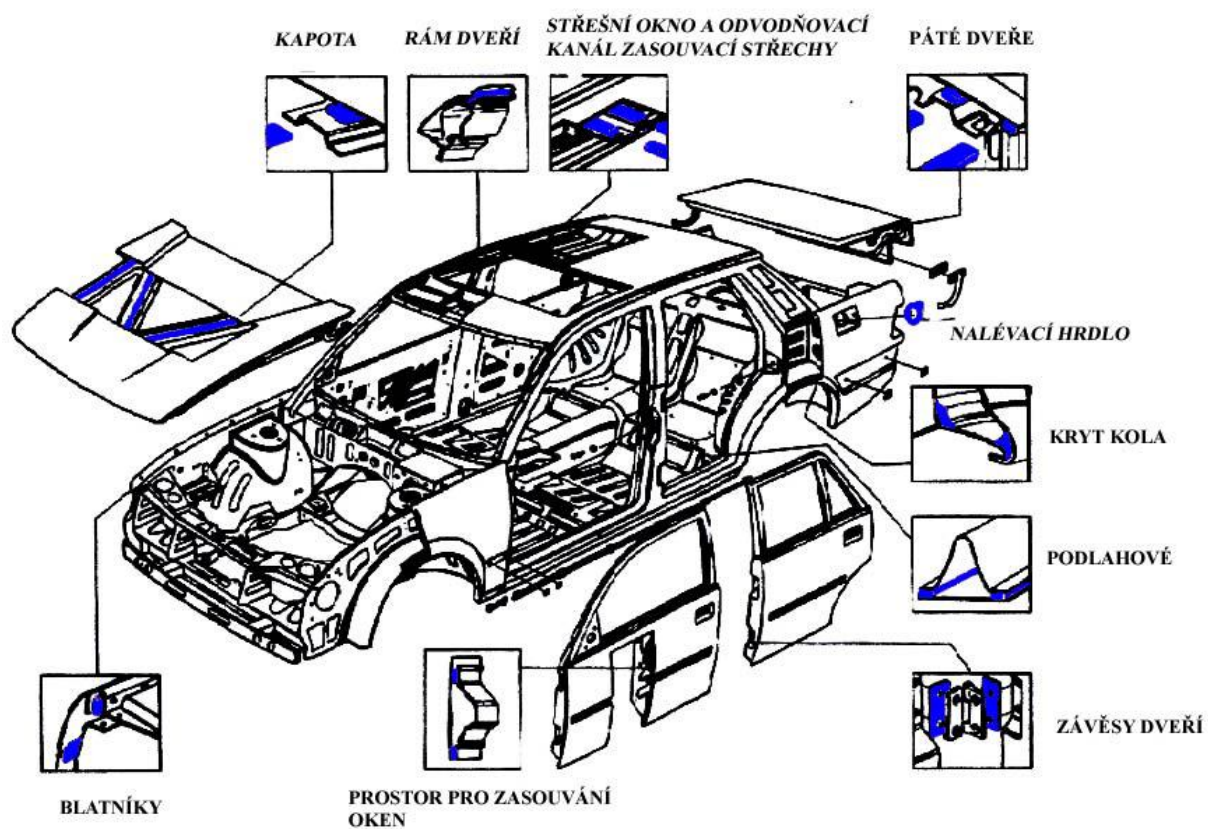
Obr. 143, 144: Detailní pohledy na sestavení platformy^[11]



Obr. 145: Rozložení sendviče (uprostřed propylenové jádro) ^[11]

Příloha č. 6

Příklady použití lepidel ve voze



Obr. 146: Příklady použití lepidel ve voze

Příloha č. 7

Nárazníky z organoplechu ve vozech BMW



Obr. 147: Nárazník vozu BMW ^[12]



Obr. 148: Nárazník vozu BMW ^[12]

Příloha č. 8

Podrobná materiálová data použitá při stavbě

Oceli ^[15]:

	Status	Coating	Material thickness [mm]		Yield strength [MPa]		Tensile strength [MPa]	Min. elongation A ₈₀ [%]
			Min.	Max.	Min.	Max.	Min.	
DP-W® 600	In production	U, ZE	1.60**	3.00**	330	460	580	19
DP-K® 60/98*	Production planned: 3rd quarter 2010	U, ZE, Z	1.00**	1.80	600	750	980	10
TPN-W 900*	Production planned: 4th quarter 2010	U, ZE	1.60	4.00	750	900	900	15
RA-K® 40/70	In production	U, ZE, Z	0.70	1.80	410	510	690	23
MHZ 340 before heat treatment	In production	U, ZE, ZN, Z, ZF, ZA, AS	0.50	3.00	340	420	410	21
MHZ 340 after heat treatment	In production	AS	0.50	3.00	450***		550***	15***
MBW® 1500 before heat treatment	In production	U, AS, x-tec®	0.65**	3.00**	min. 320 (U, HR) 310–400 (U, CR) 360–500 (AS, CR)		min. 500 (U, HR) 480–560 (U, CR) 550–700 (AS, CR)	10 (U, HR) 20 (U, CR) 12 (AS, CR)
MBW® 1500 after heat treatment	In production	U, AS, x-tec®	0.65**	3.00**	1,100***		1,600***	5***
MBW® 1900* before heat treatment	Production planned: 3rd quarter 2010	U, AS, x-tec®	1.50	3.00**	min. 500 (U, HR) 390–500 (AS, CR)		min. 700 (U, HR) 600–720 (AS, CR)	8 (U, HR) 10 (AS, CR)
MBW® 1900* after heat treatment	Production planned: 3rd quarter 2010	U, AS, x-tec®	1.50	3.00**	1,200***		1,900***	5***

* Changes to characteristic values possible ** Depending on coating *** Depending on process parameters

U = Uncoated | ZE = Electrogalvanized | Z = Hot-dip galvanized | ZN = Electrolytically zinc-nickel coated | ZF = Galvannealed
ZA = Zinc-aluminum coated GALFAN® | AS = Aluminized | HR = Hot rolled | CR = Cold rolled



Material Data Sheet

TEPEX® dynalite 102-RGUD600(x)/47% Roving Glass – PA 6 Consolidated Composite Laminate

Property		Method ISO	Units	Longitudinal	Transverse
Material	Reinforcement	Fibres Fabric Area weight Yarn Weight rate	q/m ² tex %	roving glass twill 600 1200 80	1200 20
	Polymer	Polymer		PA 6	
	Laminate	Density Fibre content Thickness per layer	q/cm ³ % vol. mm	1,8 47 0,5	
Mechanical	Tensile	Modulus Strength Elongation Poisson's ratio	527-4/5 527-4/5 527-4/5 527-4/5	GPa MPa % -	30,1 605 2,1 -
	Flexural	Modulus Ultimate stress*	178 178	GPa MPa	26,5 840
	Charpy impact strength unnotched	23°C -30°C	179/1eU	kJ/m ² kJ/m ²	- -
Thermal	Melting Temperature	per DSC	3146	°C	220
	Glass transition temperature	per DSC	3146	°C	60
	Heat deflection temperature 1,80 MPa	75-1/2		°C	215
	Coefficient of thermal expansion -30°C to 23°C	ASTM E831		E-6 1/K	-
	Relative temperature index 23°C to 80°C 20.000 h	IEC 216/1		°C	120

* 3-Point loading, span-to-depth ratio 16 to 1

These values are for this specific composition only, the characteristics of composites depend on the reinforcement level and the fibre orientation. Non-standard thickness may also alter some or all of these properties. The data listed here fall within the normal range of product properties, but they should not be used to establish specification limits nor used alone as basis of design.

This information corresponds to our current knowledge on subject. It is offered solely to provide possible suggestions for your own experimentations. It is not intended, however, to substitute for any testing you may need to conduct to determine for yourself the suitability of our products for your particular purposes. This information may be subject to revision as new knowledge and experience becomes available. Since we cannot anticipate all variations in actual end-use conditions, Bond-Laminates makes no warranties and assumes no liability in connection with any use of this information. Nothing in this publication is to be considered as a licence to operate under or a recommendation to infringe any patent right.

Caution: Do not use this product in medical applications involving permanent implantation in human body.

Příloha č. 9

Výkresová dokumentace

Výkresová dokumentace je formátu A0 přiložené ke zprávě. Jedná se o 3 výkresy.

Číslo výkresu DP-00-01

- rozpadová sestava celé karoserie
 - u každé součásti popis názvu, materiálu a hmotnosti

Číslo výkresu DP-00-02

- výkres dílu C D monoblok levý
 - Generovaná 3D data
 - Řezy (umístění k přisedajícím dílům)
 - Dosedací plochy na ostatní díly

Číslo výkresu DP-00-02

- výkres dílu B sloupek vnější levý
 - Generovaná 3D data
 - Řezy (umístění k přisedajícím dílům)
 - Dosedací plochy na ostatní díly